

**OITO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE  
VISANDO A RESISTÊNCIA A MANCHA-  
ANGULAR NO FEIJOEIRO**

**LÚCIO DE OLIVEIRA ARANTES**

**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**LÚCIO DE OLIVEIRA ARANTES**

**OITO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE  
FENOTÍPICA VISANDO A RESISTÊNCIA A  
MANCHA-ANGULAR NO FEIJOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientadora  
Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

Lavras  
Minas Gerais - Brasil  
2009

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

LÚCIO DE OLIVEIRA ARANTES

**OITO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE FENOTÍPICA  
VISANDO A RESISTÊNCIA À MANCHA-ANGULAR  
NO FEIJOEIRO**

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

APROVADA em 31 de Julho de 2009.

Prof. Dr Magno Antonio Patto Ramalho

DBI-UFLA

Prof. Dr Luís Antonio Augusto Gomes

DAG-UFLA

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu  
EMBRAPA – Arroz e Feijão/UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*Em memória a minha amada e eterna mãe.*

**OFEREÇO**

*Aos meus pais, Laudelande Arantes e Lúcia Arantes.*

*À minha amada companheira, Sara.*

*Aos meus filhos Lucas e Lineu.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Laudelande Arantes e Lúcia Arantes, pelo dom da vida além do constante e incessável apoio durante toda as suas vidas. E aos meus irmãos Lígia e Lécio, pela prazerosa convivência.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela orientação, disponibilidade, exemplo de trabalho e dedicação durante este curso, manifesto minha gratidão especial. Também, ao professor Magno Antonio Patto Ramalho manifesto, o agradecimento pelos ensinamentos, auxílio nos trabalhos e pela sua dedicada co-orientação.

Aos membros da banca, por dedicarem o seu tempo visando à melhoria deste trabalho.

Aos professores do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, em especial aos professores João Bosco dos Santos, João Cândido de Souza, Elaine de Souza, Magno Ramalho e César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Aos meus amigos do GEN e a todos os colegas e amigos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas, especialmente os que me acompanharam nos campos experimentais: Lucas, Isabela, Flavinha, Flávia Mendes, Flávia 'loira', Carlão, Fabrício (Saci), Douglas, Marcela, Mônica, Gustavo, Hugo, Fernando, Jerônimo, Graciele, Ulisses, Ricardo, Ranoel, Camila, etc.

A todos os funcionários do Departamento de Biologia, em especial a nossa atenciosa e dedicada secretária Elaine, a Dona Erondina, Rosângela, Zélia, Rafaela, Raimundo, Barrinho, Lamartini, Leonardo e Lindolfo.

E principalmente aos meus filhos Lucas e Lineu, os quais enchem minha vida de luz, que de tão forte fica impossível perder o rumo.

Serei eternamente grato a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 CARACTERES DE INTERESSE NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO .....	3
2.1.1 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS .....	3
2.1.2 TIPO DE GRÃO .....	5
2.1.3 RESISTÊNCIA À MANCHA-ANGULAR.....	7
2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO VISANDO RESISTÊNCIA A <i>P. griseola</i> .....	14
2.3 SELEÇÃO RECORRENTE NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO ....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5 CONCLUSÕES .....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
ANEXOS.....	52

## RESUMO

ARANTES, Lúcio de O. **Oito ciclos de seleção recorrente visando a resistência à mancha angular no feijoeiro**. 2009. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. \*

Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o progresso genético após oito ciclos de seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha-angular no feijoeiro e as respostas indiretas para produtividade e tipo de grãos. A população base foi obtida a partir do cruzamento dialélico parcial entre sete linhagens com grãos tipo carioca (Carioca MG, CI-140, CI-128, ANPAT 8.12, IAPAR 81, ESAL 693 e Pérola) e dez fontes de resistência à *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006) (AN 512561, AND 277, Ouro Negro, Compuesto Negro Chimaltenango, CAL 143, MAR 2, MAR 1, G 5686, MA 4.137 e Jalo). Na geração F<sub>2</sub> (S<sub>0</sub>) das populações obtidas (Ciclo 0) foram selecionadas, fenotipicamente, as plantas mais resistentes ao patógeno. Para obtenção do ciclo I (C-I) foram inter cruzadas as melhores plantas S<sub>0</sub> do C-0 e que apresentassem grãos tipo carioca o mais próximo possível ao padrão exigido pelo mercado. O mesmo procedimento foi adotado para obtenção dos ciclos II ao VIII. Em cada ciclo se seleção recorrente, além de selecionar as melhores plantas para a recombinação e obtenção do ciclo seguinte, plantas foram selecionadas fenotipicamente para obtenção de progênies que foram avaliadas em experimentos conduzidos no município de Lavras-MG, Brasil. O delineamento experimental foi sempre o de látice simples utilizando-se como testemunhas as cultivares ‘Carioca MG’ (suscetível ao patógeno) e ‘Pérola’ (tolerante). Nas avaliações foram consideradas a resistência ao patógeno (avaliada por meio de uma escala de notas de 1 a 9, em que 1 representa ausência de sintomas e 9, plantas totalmente atacadas); tipo de grão dentro do padrão carioca; e produtividade de grãos. O progresso genético para a resistência ao patógeno foi estimado a partir da média geral das progênies de cada ciclo seletivo em relação à testemunha suscetível, ‘Carioca MG’. Não foi detectado progresso genético quanto à resistência a mancha-angular, provavelmente

---

Comitê Orientador: Ângela de Fátima Barbosa Abreu (Orientadora) – EMBRAPA Arroz e Feijão/UFLA, Magno Antônio Patto Ramalho (Co-orientador) – UFLA

porque o coeficiente de determinação da equação foi muito baixo. Além do mais a resistência média das progênies, em todos os ciclos seletivos, foi equivalente ao da cultivar Pérola, considerada tolerante, o que evidencia que a população original já possuía bom nível de resistência. Ressalta-se que o ganho indireto na produtividade de grãos foi de 2,3% e de 2,5% para tipo de grãos, por ciclo seletivo.

## ABSTRACT

ARANTES, Lúcio de O. **Oito ciclos de seleção recorrente visando a resistência à mancha angular no feijoeiro.** 2009. 53 p. Dissertation (Master Degree in Agronomy/Genetics and Plant Breeding) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

---

Guidance Committee: Ângela de Fátima Barbosa Abreu (Major Professor) –  
EMBRAPA Arroz e Feijão/UFLA, Magno Antônio Patto Ramalho –  
UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

Com a intensificação do cultivo do feijoeiro no Brasil nos últimos 20 anos, os problemas com patógenos se intensificaram. Entre esses patógenos, *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006), agente causal da mancha angular tem se destacado devido aos expressivos danos causados à cultura (Paula Júnior et al., 2006).

Em Minas Gerais, especialmente na denominada safra “da seca”, semeadura em fevereiro-março, devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, a sua importância é crescente. Como o principal meio de controle é o uso de cultivares resistentes, vários trabalhos foram conduzidos a esse respeito (Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Sartorato, 2005; Couto et al., 2008; Silva et al., 2006; Ragagnin, 2009). Entretanto, ficou evidenciada a dificuldade de se obter linhagens com resistência duradoura a uma ampla gama de patótipos. Ainda há dúvida com relação ao controle genético, contudo, devem estar envolvidos vários genes (Caixeta et al., 2003, 2005; Miklas et al., 2006; Amaro et al., 2007; Mahuku et al., 2004, 2009), sobretudo devido a existência já comprovada de várias raças do patógeno (Sartorato, 2002; Nietzsche et al., 2002; Sartorato & Alzate Marín, 2004; Sartorato, 2004; Silva et al., 2008; Balbi et al., 2009).

Em uma situação como esta, uma das alternativas para se acumularem os vários alelos de resistência é por meio de seleção recorrente (Ramalho et al., 2001). Essa estratégia possibilita reunir em um único indivíduo o maior número de alelos favoráveis que se encontram distribuídos nos diferentes genitores. Nesse caso particular, como o caráter tem herdabilidade relativamente alta, a seleção dos indivíduos para a recombinação pode ser fenotípica já na geração F<sub>2</sub> (Amaro et al., 2007). Sendo assim, em 1999 foi iniciado um programa de

seleção recorrente fenotípica visando a obtenção de novas linhagens de feijoeiro que acumulem alelos de resistência e, ao mesmo tempo, sejam produtivas e com grãos com boa aceitação comercial. Até o momento foram conduzidos oito ciclos. Até o quinto ciclo seletivo foram obtidas estimativas de ganho de 6,4% por ciclo para resistência ao patógeno e resposta indireta para produtividade de grãos de 8,9% (Amaro et al., 2007). Também foi detectada variabilidade suficiente entre as progênies que permitiram prever a possibilidade de obtenção de ganhos futuros. Sendo assim, esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o progresso genético após oito ciclos de seleção recorrente fenotípica para resistência à mancha angular e as respostas indiretas para produtividade e tipo de grão.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CARACTERES DE INTERESSE NO MELHORAMENTO DO FEIJOEIRO**

No melhoramento do feijoeiro, diversos caracteres de importância agrônômica devem ser cuidadosamente avaliados na obtenção de fenótipos favoráveis, que atendam às exigências tanto dos produtores quanto dos consumidores. Entre estes estão o tipo de grãos aceitável pelo consumidor, como aqueles semelhantes ao da cultivar carioca; porte ereto, o que evita perdas e favorece à colheita mecanizada; resistência à doenças como antracnose, mancha-angular, *fusarium* e mofo-branco, que causam grandes perdas na cultura; além da estabilidade e alta produtividade, que são essenciais na aceitação de uma nova cultivar.

#### **2.1.1 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS**

Na cultura do feijoeiro, desde o início da década de 1990, existe tendência da redução da área cultivada no Brasil, o que não tem refletido na redução da produção. Isso pode ser explicado pela maior produtividade que tem sido alcançada pela cultura. A produtividade média brasileira de feijão, que em 1990/91 era de 510 kg/ha, passou a 897 kg/ha, em 2008/09, ou seja, um aumento de 75% (CONAB 2009).

O aumento do rendimento de grãos do feijoeiro, ao longo dos últimos anos, pode ser explicado pela melhoria do manejo da cultura, uso de alta tecnologia, sobretudo no cultivo irrigado e, principalmente, pelo melhoramento genético, que tem resultado no desenvolvimento de cultivares cada vez mais

produtivas. Segundo Zimmermann et al. (1996), a utilização de cultivares melhoradas é a única forma que não implica em ônus adicional para o agricultor ou em necessidade de abertura de novas áreas de plantio.

Relatando a contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil, Vencovsky & Ramalho (2006) estimaram um ganho de 2,74%, equivalente ao aumento de 9,89 kg/ha/ano, para a produtividade de grãos do feijoeiro, considerando o período de 1974 a 2004. Nessa estimativa, foram consideradas as espécies de *Phaseolus vulgaris* (feijão comum) e *Vigna unguiculata* (feijão caupi). Estimando também o progresso genético na cultura do feijoeiro, no período de 1972 a 1990, Abreu et al. (1994) encontraram ganhos superiores (17,46 kg/ha/ano) aos estimados por Vencovsky & Ramalho (2006). Apesar desses resultados não serem diretamente comparáveis, por empregarem diferentes metodologias, é certo que há ganhos para produtividade de grãos devido aos programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil.

A produtividade de grãos é um caráter quantitativo, muito influenciado pelo ambiente. Dessa maneira, na seleção para esse caráter as progênies devem ser avaliados em vários ambientes, em experimentos com repetições, utilizando delineamentos que permitam que a seleção seja eficiente e que, conseqüentemente, se obtenham ganhos com a seleção, conforme os relatados (Ramalho; Santos & Zimmermann, 1993). Em decorrência da produtividade de grãos ser um caráter controlado por inúmeros genes e sofrer intensa influência ambiental, como mencionado, tem sido comumente relatado na literatura a ocorrência de interação genótipos por ambientes (Bruzi et al., 2007; Ribeiro et al., 2003).

A interação não só interfere na recomendação de cultivares, como dificulta o trabalho dos melhoristas em relação a vários aspectos. Por exemplo, a interação pode superestimar os componentes de variância genética, que são ferramentas importantes para direcionar os programas de melhoramento.



Consequentemente interfere também nas estimativas de herdabilidade, que corresponde à proporção da variância genética em relação à variância fenotípica total (Ramalho et al., 1993). E desta forma interferir no processo de seleção, pois como a herdabilidade constitui-se de uma medida do grau em que o fenótipo é influenciado geneticamente, e portanto, o grau em que ele pode ser modificado por seleção fenotípica (Carvalho et al., 2001).

Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres de importância agrônômica no feijoeiro têm sido obtidos frequentemente nos programas de melhoramento dessa cultura (Cunha et al., 2005; Silva et al., 2006; Amaro et al., 2007; Couto et al., 2005, 2008). Entre esses, a produtividade de grãos tem merecido maior atenção, obtendo-se, frequentemente, estimativas de variância genética e fenotípica, coeficiente de variação e herdabilidade, conforme apresentado por Moreto (2007). As estimativas de herdabilidade para caracteres controlados por muitos genes, como produtividade de grãos, geralmente são mais baixas, quando comparadas com caracteres controlados por poucos genes. Assim, fica evidente a maior dificuldade no melhoramento para essa característica, reforçando a necessidade de que, durante a avaliação das progênies, os experimentos sejam conduzidos em um maior número de locais e safras possível.

### **2.1.2 TIPO DE GRÃO**

O feijoeiro apresenta uma ampla diversidade quanto aos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma, ao tamanho e às cores (Voyses & Dessert, 1991). No mercado brasileiro, essa diversidade é bastante evidente.

Para ser bem aceita, uma nova cultivar de feijão deve atender, inicialmente, aos anseios dos consumidores, caso contrário ela não terá condições de ser comercializada. É evidente que, para os consumidores, interessa apenas aspectos relacionados aos grãos, como cor, brilho, tamanho,

forma e qualidade culinária. É marcante a preferência por determinadas cores de grãos, de acordo com o estado ou, mesmo, entre regiões.

Na Zona da Mata de Minas Gerais, por exemplo, predomina o consumo de feijão preto ou vermelho. Nas demais regiões, feijões tipo carioca, isto é, creme com rajas marrons, sendo que em algumas dessas regiões, há consumo expressivo de feijões grandes dos tipos jalo e rajado. Além disso, há preferência por grãos opacos em detrimento dos brilhantes, devido à associação do brilho com má qualidade, especialmente demora no cozimento de grãos (Ramalho et al., 2004). Com exceção ao vermelho brilhante consumido na Zona da Mata mineira.

Desde o início do século passado, inúmeros estudos têm sido realizados a fim de se conhecer o controle genético da cor do tegumento do feijão (Vieira, 1967; Leakey, 1988; Bassett, 1996; Bassett, 2004). Apesar dos avanços, muitos aspectos relacionados à herança deste caráter ainda permanecem obscuros, devido à sua complexidade. Além de estarem envolvidos muitos genes, pelo menos 18 segundo Leakey (1988), a presença de interações epistáticas, de efeitos pleiotrópicos, alelismo múltiplo e de ligação gênica tem dificultado o entendimento do controle genético deste caráter. Além de todos os fatores supracitados, os inúmeros trabalhos a respeito do controle genético da cor dos grãos, muitas vezes, contribuem para gerar confusão, pois a falta de padronização na descrição das cores e nomenclatura de genes e alelos e, nomenclaturas diferentes para um mesmo gene, dificultam sobremaneira o entendimento do controle genético do caráter (Leakey, 1988; Bassett, 1996; Bassett, 2004; Basset & McClean, 2000).

No caso do feijão carioca, o mais amplamente comercializado no Brasil, a cor do tegumento é bege com rajas marrons, havendo grande variação nas tonalidades. Dessa foram, para se obter uma linhagem com grãos dentro do padrão carioca, na descendência estarão segregando muitos genes. Contudo, a

herdabilidade para este caráter é alta (Couto et al., 2008), o que possibilita a seleção de fenótipos favoráveis já nas primeiras gerações, possibilitando assim maior otimização dos recursos empregados na identificação de genótipos superiores (Pereira et al., 2004; Couto et al.; Silva et al., 2006)

A preferência é por grãos de tamanho médio, isto é, 100 grãos pesando de 23 a 25 gramas. Se o tamanho estiver fora desses limites, principalmente abaixo de 23 gramas, certamente haverá restrições na sua adoção (Ramalho et al., 2004). Já quanto ao formato, grãos que sejam achatados ou reniformes, normalmente são rejeitados. A preferência é pelo grão oblongo (Santos, 2001). O tamanho e formato dos grãos são caracteres extremamente relacionados, pois possuem atributos comuns em sua caracterização, assim como comprimento, largura e espessura, os quais possuem herança tipicamente quantitativa (Nienhuis & Singh, 1988; Park et al., 2000), implicando em efeitos pleiotrópicos dos genes envolvidos nos dois caracteres.

### **2.1.3 RESISTÊNCIA À MANCHA-ANGULAR**

A incorporação de genes de resistência às doenças tem efeito estabilizador sobre as cultivares, evitando-lhes uma oscilação de rendimento, ou seja, não atingidas por doenças, as cultivares podem exibir todo o seu potencial produtivo (Vieira et al., 2005). Várias outras estratégias são utilizadas para o controle das doenças, no entanto, o uso de cultivares resistentes destaca-se como uma das mais eficientes, principalmente por não onerar o custo de produção e por reduzir os impactos negativos causados ao homem e ao meio ambiente, pela utilização exagerada de pesticidas.

Entre as doenças consideradas de maior importância no território nacional, encontra-se a mancha-angular do feijoeiro. Até o final da década de 1980, essa doença era considerada de pequena importância econômica. Não

causava grandes perdas de produtividade no Estado de Minas Gerais, porque a sua incidência ocorria principalmente no final do ciclo da cultura (Vieira, 1983). Alguns fatores, entretanto, fizeram com que ela se tornasse um problema sério na cultura do feijoeiro, em Minas Gerais, como: semeadura no outono-inverno, quando as temperaturas são favoráveis à doença; presença de plantas de feijoeiro ou restos de cultura contaminados no campo durante todo o ano; emprego de irrigação por aspersão, que propicia condições de umidade favoráveis à doença; emprego de cultivares suscetíveis à doença e possíveis alterações das raças do patógeno ao longo dos anos (Paula Júnior et al., 2004). Todos esses fatores, aliados, têm levado a surtos cada vez mais precoces e intensos da doença, que resultam em grandes perdas na produção. Nas principais regiões produtoras do mundo, entre elas Brasil e Índia, são relatadas perdas de produtividade variando entre 7% a 82%, sendo na maioria dos casos superiores a 50% (Singh & Sharma, 1976; Wang et al., 1985; Mora, 1983; Schwartz et al., 1981; Sartorato, 2005).

O agente causal da mancha-angular é um fungo imperfeito (Deuteromicotina) da classe Hiphomycete, ordem Moniliales, família Stilbaceae, descrito originalmente como *Isariopsis griseola*, por Saccardo em 1878 (Stenglein et al., 2003). Ferraris, em 1909, mostrou que o gênero *Isariopsis* Fr. Sacc. é idêntico ao gênero *Phaeoisariopsis* Nob. e renomeou o fungo como *Phaeoisariopsis griseola* (Stenglein et al., 2003). Atualmente recebe a denominação de *Pseudocercospora griseola* (Sacc.) Crous & Braun (2006).

Sob condições de campo, o patógeno produz, na face inferior da folha, sinêmios com 40 µm de diâmetro e 500 µm de comprimento e são compostos por conidióforos paralelos e escuros que formam tufos visíveis a olho nu. No ápice de cada conidióforo são formados os conídios (Campos-Ávila, 1987; Zaumeyer & Thomas, 1957).

Os conídios podem germinar em três horas, sob condições de calor e umidade. Os esporos infectam os tecidos das folhas, ao penetrar nos estômatos.

A penetração se completa em dois dias, sob condições ótimas. O micélio se desenvolve na cavidade subestomatal e, depois de quatro dias, coloniza o espaço intercelular entre o parênquima paliçádico. Os cloroplastos apresentam sinais de degradação três dias após a inoculação, seguidos por necrose das células guardas e das células do mesófilo adjacente; desintegração do parênquima paliçádico e, finalmente, a epiderme é destruída (Liebenberg & Pretorius, 1997). A doença é favorecida por ambiente seco-úmido intermitente e temperaturas em torno dos 24°C (Brenes et al., 1983; Sartorato & Rava, 1992).

Na ausência de hospedeiro vivo, o patógeno sobrevive sobre restos culturais, sob condições de campo, por tempo superior a 19 meses. O fungo sobrevive sobre a semente por nove ou doze meses (Liebenberg & Pretorius, 1997). Contudo, seus principais agentes de disseminação são as chuvas, os ventos e partículas do solo infestadas.

Os sintomas da mancha-angular ocorrem tanto nas folhas como nas vagens, caules e ramos, embora sejam mais comuns e facilmente identificados nas folhas (Paula Júnior et al., 2004). As primeiras lesões podem aparecer nas folhas primárias, apresentando conformação mais ou menos circular, de cor castanho-escura, com halos concêntricos. Nos trifólios, o sintoma mais evidente, como o próprio nome da doença indica, é o aparecimento de lesões de formato angular, delimitadas pelas nervuras, inicialmente de coloração cinzenta, tornando-se, posteriormente, castanhas. Entretanto, dependendo da combinação raça/cultivar, as manchas nos trifólios podem também se apresentar arredondadas ou com halos concêntricos. Nos caules, ramos e pecíolos, as plantas podem apresentar lesões alongadas de cor castanho-escura. Nas vagens, as lesões são, a princípio, superficiais, de coloração castanho-avermelhada, quase circulares, com os bordos escuros. O tamanho das lesões é variável e, quando numerosas, coalescem, cobrindo toda a largura da vagem. Sob condições de alta umidade, pode ser observada, na face inferior das folhas, nas vagens, nos

caules e nos pecíolos, uma eflorescência de cor cinza-escuro a negra, formada pela frutificação do fungo. Estas frutificações compreendem o sinêmio, o qual é formado por um grupo de hifas eretas, os conidióforos, em cujas extremidades são formados os conídios (Sartorato & Rava, 1994).

Evidências de variabilidade entre isolados de *P. griseola* têm sido relatadas desde o início da década de 50 (Brock, 1951). Posteriormente, evidências mais conclusivas de variabilidade na patogenicidade foram apresentadas, baseadas no diferencial de patogenicidade em cultivares de feijão (Alvarez-Ayala & Schawartz, 1979; CIAT, 1986; Correa-Victoria, 1987). Desde então, diversos estudos visando conhecer a variabilidade de *P. griseola*, utilizando-se cultivares diferenciadoras (Nietsche et al., 2001; Pastor-Corrales & Jara, 1995; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Stenglein et al., 2005; Silva et al., 2008), marcadores moleculares moleculares (Guzmán et al., 1995; Nietsche et al., 2001; Pastor-Corrales & Jara, 1995; Pastor-Corrales et al., 1998; Stenglein et al., 2005) e análises isoenzimáticas (Correa-Victoria, 1987) foram realizados. Pastor-Corrales et al. (1998) caracterizaram 316 isolados de *P. griseola* oriundos de onze países da América Latina e dez países da África, com base no conjunto de doze cultivares diferenciadoras. Embora os isolados de *P. griseola* tenham apresentado considerável variação entre e dentro de países, foi possível classificá-los em dois grupos principais, andino e mesoamericano.

No Brasil, utilizando a série de cultivares diferenciadoras, de 1996 a 2002, foi identificado um total de 51 raças do patógeno, distribuídas em vários estados em que se cultiva o feijoeiro (Sartorato & Alzate-Marin, 2004). Foi verificado que as raças 31-39, 63-31, 63-23, 63-39, 63-47, 63-55 e 63-63 são as mais frequentes e amplamente distribuídas e são comumente encontradas nos estados de Goiás e Minas Gerais. Só em Minas Gerais foram identificadas 20 raças diferentes. Recentemente Silva et al. (2008) relataram pela primeira vez a presença dos patótipos 55-15, 63-15, 63-25 e 63-27 em Minas Gerais, sendo

também o primeiro registro dos três primeiros patótipos, no Brasil, o que eleva para 54 o total de raças já identificadas em território nacional.

Ao estudar a variabilidade genética da patogenicidade de *P. griseola* no Brasil, Nietsche et al. (2002) identificaram 26 patótipos diferentes entre os 72 isolados estudados. Os patótipos mais freqüentes foram: 63-31, 63-23, 63-55, 63-39 e 63-47. Entre os isolados obtidos no município de Lavras, MG, foi observada a ocorrência dos patótipos 31-7, 31-33, 31-39, 63-7, 63-23, 63-31, 63-39, 63-47, 63-55 e 63-63. Neste trabalho, foi evidenciada também a predominância de isolados pertencentes ao conjunto gênico mesoamericano

O patótipo 63-63 “quebra” todos os alelos de resistência presentes nas cultivares diferenciadoras, sendo assim sua abrangente ocorrência nos diversos levantamentos de raças que têm sido realizados no Brasil (Sartorato, 2002; Nietsche et al., 2002; Sartorato & Alzate-Marín, 2004; Sartorato, 2004; Silva et al., 2008), é um indicativo da necessidade de busca constante por novas fontes de resistência, e que a série de cultivares diferenciadoras necessita ser revista, incluindo novas fontes (Nietsche et al., 2001). Ao inocular o patótipo 63-63 sobre a cultivar AND 277, Sartorato (2002) verificou que ocorreu a subdivisão deste patótipo em dois grupos diferentes de patogenicidade; um deles supera a resistência genética da cultivar AND 277 e o outro grupo não consegue “quebrar” a resistência desta cultivar diferenciadora, confirmando a necessidade de que mais cultivares sejam incluídas na série de diferenciadoras.

Diante da enorme diversidade de raças de *P. griseola*, diversos trabalhos têm sido realizados visando a identificação de fontes de resistência, que possam ser utilizadas em futuros programas de melhoramento ou indicadas aos produtores. Pastor-Corrales et al. (1998) realizaram a avaliação de 22.832 acessos de *P. vulgaris* do CIAT, em experimentos de campo e casa de vegetação, por meio da escala de notas de 1 a 9, verificaram que apenas 59 foram classificados como intermediários (notas de 4 a 6) e 64 foram

considerados resistentes (notas de 2 a 3), nos ensaios de campo. Entre estes 123 acessos que foram classificados como intermediários ou resistentes em campo, somente 19 mostraram reações similares quando testados em casa de vegetação, os quais se constituíram em valiosas fontes de germoplasma para serem utilizados em trabalhos futuros.

Avaliando a reação de 179 linhagens de feijão mesoamericanas e andinas a oito raças de *P. griseola* (63-39, 63-23, 63-15, 31-31, 63-55, 63-63, 63-31 e 63-47), Sartorato (2005) verificou que, dessas, somente 39 mostraram resistência a uma ou mais raças. A maioria das linhagens foi resistente a poucas raças. Somente a cultivar Ouro Negro apresentou resistência a todas elas, indicando que pode ser uma boa alternativa como genitor nos programas de melhoramento. Outra boa fonte de resistência é a linhagem CAL 143. Aggarwal et al. (2004) inocularam essa linhagem com quatro raças de *P. griseola*, caracterizadas como andinas e cinco mesoamericanas. Verificaram que ela foi suscetível a apenas uma raça mesoamericana, caracterizada como raça 63-21.

Informações valiosas aos programas de melhoramento que visem à obtenção de cultivares resistentes à mancha-angular foram fornecidas por Sartorato & Alzate-Marin (2004). Os autores realizaram levantamento, na literatura, dos trabalhos publicados sobre a diversidade de virulência de isolados de *P. griseola* identificados no Brasil, entre os anos de 1996 e 2002. As cultivares Mexico 54, Cornell 49-242 e BAT 332 se apresentaram com maior nível de resistência, sendo incompatíveis com 36, 27 e 23 patótipos de *P. griseola*, respectivamente. A associação dos alelos presentes nessas cultivares confere resistência a 50 patótipos, exceto ao patótipo 63-63, sugerindo que a piramidação desses alelos de resistência é uma boa estratégia para os programas de melhoramento. As cultivares andinas G5686 e Amendoim são também importantes fontes de resistência.



Diversas outras fontes têm sido identificadas e estudos de herança revelaram que a resistência nas cultivares AND 277 (Carvalho et al., 1998), MAR 2 (Ferreira et al., 2000), Cornell 49-242 (Nietsche et al., 2000a), Mexico 54 (Sartorato et al., 2000), BAT 332 (Caixeta et al., 2003), Ouro Negro (Corrêa et al., 2001) e G 10474 (Mahuku et al., 2004) é monogênica e condicionada por um alelo dominante. Herança monogênica controlada por alelos recessivos também foi relatada (Corrêa et al., 2001; Santos Filho et al., 1976).

Caixeta (2002) realizou testes de alelismo para verificar se os alelos de resistência presentes em cinco fontes de resistência estão presentes em um mesmo loco ou em locos distintos. Foi demonstrado que a cultivar Cornell 49-242 possui apenas um alelo (*Phg-3*); a cultivar AND 277 apresenta quatro alelos para resistência, denominados *Phg-1*, *Phg-2<sup>2</sup>*, *Phg-3<sup>2</sup>* e *Phg-4<sup>2</sup>*; a cultivar México 54 apresenta três alelos (*Phg-2*, *Phg-5* e *Phg-6*); a cultivar MAR 2 tem dois alelos (*Phg-4* e *Phg-5<sup>2</sup>*) e a cultivar BAT 332 apresenta a forma alélica *Phg-6<sup>2</sup>*. No caso da linhagem G 10474, Mahuku et al., (2004) verificaram que o gene de resistência dessa linhagem ocupa um loco diferente daqueles descritos por Caixeta et al. (2002). A maioria das raças de *P. griseola* que causaram reação de suscetibilidade nas cultivares México 54, MAR 1, MAR 2, AND 277, BAT 332 e Cornell 49-242 não infectou a linhagem G 10474. Assim, os autores concluíram que é provável que G 10474 seja portadora de um gene diferente daqueles encontrados naquelas cultivares. Estudos recentes mostraram que a resistência da linhagem G5686, ao patótipo 31-0, é condicionada por três genes dominantes e complementares, designados *Phg<sub>G5686A</sub>*, *Phg<sub>G5686B</sub>* e *Phg<sub>G5686C</sub>* (Mahuku et al., 2009).

Apesar da maioria dos trabalhos evidenciarem que o controle da resistência à *P. griseola* deve ser monogênica ou oligogênica, Amaro et al. (2007) sugerem que vários genes podem estar envolvidos. Esses autores ao avaliarem a variabilidade entre linhagens de feijão para resistência à mancha-

angular, observaram graduação nos sintomas entre as linhagens consideradas resistentes e atribuíram essa graduação ao efeito ambiental, enfatizando a possível existência de controle poligênico deste caráter (Amaro et al., 2007).

## **2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO VISANDO RESISTÊNCIA A *P. griseola***

Os programas de melhoramento do feijoeiro visando resistência aos patógenos têm explorado basicamente mecanismos de resistência de herança monogênica, ou seja, resistência vertical. Para o controle genético da mancha angular, não têm sido diferente. A resistência genética de herança monogênica atrai os melhoristas porque é fácil de ser manipulada e pode ser rapidamente introgridida em linhagens suscetíveis por meio de retrocruzamento. Esse procedimento, embora amplamente utilizado, faz com que as cultivares tenham sua vida útil reduzida, pois, esse tipo de resistência pode ser mais facilmente suplantado, devido à alta variabilidade de *P. griseola*, que explica seu alto poder adaptativo, responsável pela rápida “quebra” da resistência das cultivares. Isso implica que a resistência obtida nem sempre é duradoura ou eficiente em todas as regiões de cultivo (Oliveira et al., 2004; Ramalho & Abreu, 1998).

O melhoramento visando à resistência durável a patógenos, utilizando-se principalmente de herança monogênica, é um desafio para melhoristas e fitopatologistas. A piramidação de alelos de resistência tem sido sugerida como uma estratégia no melhoramento visando à resistência a patógenos que apresentam grande variabilidade (Nelson, 1978; Alzate-Marin et al., 2005), inclusive à *P. griseola* (Mahuku et al., 2002). A base para estabilização da resistência reside na redução da adaptação do patógeno, quando um número de

genes de virulência é necessário para “quebrar” a resistência do hospedeiro (Van Der Plank, 1984). Além disso, a probabilidade de um patógeno conter todos os genes de virulência correspondentes aos genes de resistência da planta e, portanto, superar a resistência de uma pirâmide, é muito baixa. Para isto, mutantes virulentos que surgem independentemente devem ser combinados, ou eles devem surgir simultaneamente ou seqüencialmente no mesmo isolado (Schafer & Roelfs, 1985; Milach & Cruz, 1997). Essa estratégia constituiu em procedimento altamente eficiente no controle da ferrugem do colmo do trigo no Canadá e Estados Unidos (Schafer & Roelfs, 1985). Aspectos semelhantes são observados no feijoeiro, com a linhagem G2333 utilizada como fonte de resistência à antracnose. Esta linhagem possui três alelos dominantes independentes, conferindo resistência a 380 isolados de *C. lindemuthianum* (Young & Kelly, 1996).

Para programas de melhoramento visando resistência à mancha-angular, Pastor-Corrales et al. (1998) sugerem, ainda, uma piramidação acumulando genes de resistência de feijão do grupo andino e do grupo mesoamericano. Segundo estes autores, a grande variabilidade patogênica encontrada nos isolados de *P. griseola* e as evidências de co-evolução patógeno/hospedeiro observadas no feijoeiro fazem com que o acúmulo de genes dos dois grupos seja a estratégia de melhoramento mais eficiente. Devido à co-evolução, genes de resistência mesoamericanos são mais efetivos contra patógenos andinos e vice-versa (Guzmán et al., 1995). Sendo assim, os melhoristas de feijão têm uma oportunidade única de piramidar genes de resistência dos dois grupos para desenvolver resistência complementar a um grande número de raças (Kelly & Miklas, 1998). Procurando explorar essa estratégia, Bruzi et al. (2007) realizaram o cruzamento entre a linhagem ‘ESAL 550’ (grupo andino e resistente à mancha angular) com a ‘Carioca-MG’ (grupo mesoamericano e suscetível à mancha angular), obtendo linhagens que aliaram altas

produtividades a resistência à mancha-angular. Ainda visando explorar fontes andinas de resistência, Pereira et al. (2004) realizaram cruzamentos entre a linhagem H91, de grãos tipo ‘carioca’ e boa produtividade, porém suscetível à mancha-angular, com três progênies resistentes, derivadas da cultivar andina ‘Jalo EEP 558’. O alelo de resistência dessa cultivar tem conferido proteção contra essa doença, no Sul de Minas Gerais, há cerca de três décadas e também foi utilizada em outros programas que geraram linhagens resistentes à mancha-angular, com produtividades superiores e tipo de grão dentro do padrão ‘carioca’, de aceitação comercial (Bruzi et al., 2004; Silva et al., 2006; Amaro et al., 2007).

Contudo, cultivares de origem andina são mais difíceis de serem utilizadas no melhoramento, devido à incompatibilidade advinda de cruzamentos entre cultivares pertencentes a grupos gênicos distintos, pela interação dos alelos dominantes de dois genes, denominados D11 e D12 (*dosage lethal*), produzindo plantas pouco desenvolvidas, cloróticas e que morrem antes mesmo de produzir sementes (Shii et al., 1980, 1981; Vieira et al., 1989; Arantes et al., 2008). Além disso, a alta variabilidade do patógeno, e o possível controle poligênico da resistência dificultam a obtenção de linhagens com alto grau de resistência a um grande número de raças.

Diante dos relatos feitos, percebe-se que o melhoramento de plantas deve ser realizado por etapas, na tentativa de, ao final do processo, obter linhagens e/ou cultivares que associem os alelos presentes nas diversas fontes de resistência às diversas características agronômicas favoráveis. Uma boa alternativa para se atingirem esses objetivos é promover a seleção recorrente, ou seja, ciclos sucessivos de seleção precedidos pelo inter cruzamento das melhores famílias. Amaro et al. (2007), usando a seleção recorrente fenotípica na obtenção de progênies resistentes a *P. griseola* e, ao mesmo tempo, verificando o efeito da seleção realizada, na produtividade de grãos, obtiveram progresso genético para

resistência à mancha angular, após cinco ciclos de seleção, superior a 6,4% por ciclo, refletindo em incremento superior a 2,1% por ciclo na produtividade de grãos. Este trabalho teve início em 1998, e hoje encontra-se em seu nono ciclo seletivo, tendo sido desenvolvidas dezenas de linhagens elite com diferentes níveis de resistência à mancha-angular, aliada à alta produtividade e com tipo de grão ‘carioca’.

### **2.3 SELEÇÃO RECORRENTE NO MELHORAMENTO DO FELJOEIRO**

Seleção recorrente pode ser definida como um processo de ciclos sucessivos de seleção de indivíduos e ou progênies superiores de uma população, seguida pela recombinação dos(as) selecionados(as) para formar uma nova população. O processo pode ser visualizado como um sistema cíclico e dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, sem reduzir a variabilidade genética, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação (Geraldi, 2005).

A seleção recorrente foi proposta para plantas alógamas (Hull, 1945) e seu emprego, especialmente na cultura do milho, tem sido expressivo ao longo do tempo (Hallauer, 1999). No caso das plantas autógamias, são encontrados, na literatura, vários argumentos que enfatizam a importância do processo de seleção recorrente na obtenção de genótipos superiores, principalmente quando o caráter de interesse é controlado por vários genes (Fouilloux & Bannerot, 1988; Ramalho et al., 1993 & Geraldi, 1997). Geraldi (1997) cita, como principais vantagens da seleção recorrente: obtenção de maior variabilidade genética pelo intercruzamento de múltiplos genitores, maior oportunidade de recombinação genética, devido aos sucessivos ciclos de cruzamentos, maior eficiência no acúmulo de alelos favoráveis, devido ao processo repetitivo de seleção e

viabilidade de incorporação de germoplasma exótico na população. O método ainda permite a obtenção de linhagens superiores a cada ciclo seletivo.

A seleção recorrente envolve, basicamente, três etapas: obtenção da população base, avaliação de progênies e recombinação das progênies selecionadas para formar a próxima geração. Na formação da população base, deve-se procurar utilizar genitores que tenham o melhor desempenho possível para o caráter sob seleção. A decisão sobre o número de genitores também é importante. Se for um número muito grande, a probabilidade de encontrar todos os genitores com boa expressão para o caráter, é muito pequena. Se o número for muito pequeno, a chance de associar a maioria dos alelos favoráveis, para o caráter em questão, é também pequena. De acordo com Ramalho et al. (2001), de 10 a 20 genitores é um número satisfatório. Escolhidos os genitores, a próxima etapa é definir como eles serão cruzados, tendo-se também várias opções. Uma delas é a realização de cruzamentos múltiplos. Teoricamente, os cruzamentos múltiplos fornecem a oportunidade para combinar alelos favoráveis que se encontram presentes em vários genitores. Uma restrição é que quanto maior o número de genitores envolvidos para formar a população, maior o número de ciclos de cruzamentos necessários e maior deve ser o tamanho da população  $F_1$ , para se manterem os alelos favoráveis de todos os genitores. Outra opção é a combinação dos pais no esquema cônico, conforme proposto por Bearzoti, citado por Ramalho (1997). Supondo, por exemplo 20 pais, eles são cruzados para a obtenção do ciclo 0 (C-0), em um esquema de dialelo circulante em que um pai será cruzado com dois outros (1 x 2, 2 x 3, 3 x 4, 4 x 5, ... ,19 x 20 e 20 x 1). Desse modo, são geradas 20 populações híbridas.

Obtida a população base, a próxima etapa é a seleção, que pode ser fenotípica – massal – ou utilizando algum tipo de família. A primeira opção é aconselhável quando o caráter apresenta alta herdabilidade e pode ser selecionado visualmente com eficiência (Ramalho et al., 2001). Para os

caracteres com menor herdabilidade, a seleção deve ser efetuada a partir da avaliação de famílias, em experimentos com repetição. Pode-se utilizar, à semelhança das plantas alógamas, famílias de meios-irmãos, irmãos germanos ou endógamas ( $S_1$ ,  $S_2$ , etc.). Na maioria dos casos, as famílias endógamas são as preferidas, sendo avaliadas, principalmente, as famílias  $S_{0:1}$  e  $S_{0:2}$  (Ramalho et al., 2001). Escolhidas as melhores famílias (ou indivíduos), essas deverão ser intercruzadas, visando obter a população do ciclo seguinte. Esse intercruzamento pode ser feito artificialmente ou em espécies nas quais é possível, utilizando a macho-esterilidade. Em espécies como o feijoeiro a utilização da macho-esterilidade é possível, porém, algumas dificuldades são encontradas, como o pólen que não se dispersa naturalmente e a difícil identificação e manutenção das plantas macho estéreis. Devido a estas dificuldades e considerando que a recombinação é feita de forma direcionada, o que constitui uma vantagem para o feijoeiro e outras espécies autógamas, a recombinação manual é a melhor opção. Uma boa opção é a utilização do esquema cônico mencionado anteriormente. Nesse caso, a recombinação é efetuada utilizando-se novamente um dialelo circulante, em que cada família selecionada é cruzada com outras duas, com o cuidado de não envolver famílias oriundas dos mesmos genitores da etapa anterior (Ramalho, 1997).

São relatados diversos programas de seleção recorrente para a cultura do feijoeiro, sendo que há maior ênfase para o caráter produtividade de grãos (Tabela 1). Poucos são os relatos encontrados sobre o emprego da seleção recorrente visando resistência a patógenos no feijoeiro, contudo, os ganhos obtidos nestes trabalhos foram expressivos (Lyons et al., 1987; Garcia et al., 2003; Amaro et al., 2007). No caso da mancha-angular do feijoeiro, o emprego da seleção recorrente poderia ser questionado, considerando que os estudos do controle genético da resistência apontam, conforme já mencionado, que a resistência é monogênica e/ou oligogênica (Caixeta et al., 2002;

Mahuku et al., 2004). Entretanto, como relatado, esse patógeno possui várias raças (Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004) e, no controle genético da resistência a todas essas raças, estão envolvidos inúmeros genes. Além do mais, nota-se gradação nos sintomas entre linhagens consideradas resistentes. Parte dessa gradação pode ser atribuída ao efeito ambiental, porém, a existência de controle poligênico do caráter não deve ser desconsiderada.

TABELA 1. Resultados de programas de seleção recorrente, relatados na literatura com *Phaseolus vulgaris* L., envolvendo vários caracteres.

Caráter	Unidade Seletiva	Nº ciclos	Ganhos	Autores
Porcentagem de proteína na semente	Indivíduos S <sub>0</sub>	2	21,9% a 24,6%	Sullivan & Bliss (1983)
Reação ao mofo branco	Progênes F <sub>3</sub>	3	31% a 50%	Lyons et al. (1987)
Produtividade de grãos	Progênes F <sub>5</sub>	3	30%	Beaver & Kelly (1994)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:2</sub>	3	25%	Ranalli (1996)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:2</sub>	2	55%	Ranalli (1996)
Fixação de N	Progênes S <sub>0:1</sub>	3	13%	Barron et al. (1999)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:1</sub>	3	11%	Barron et al. (1999)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:1</sub>	1	7,9% a 13,2%	Singh et al. (1999)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:1</sub>	2	3% a 4%	Singh et al. (1999)
Doenças de solo	Progênes	6	9%	Garcia et al. (2003)
Porte, tipo e produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:1</sub> e S <sub>0:2</sub>	1	3,1%	Cunha et al. (2005)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:1</sub> e S <sub>0:2</sub>	4	5,7%	Ramalho et al. (2005a)
Tipo de grão	Progênes S <sub>0:1</sub> e S <sub>0:2</sub>	4	10,5%	Ramalho et al. (2005a)
Reação à mancha angular	Indivíduos S <sub>0</sub>	5	6,4%	Amaro et al. (2007)
Reação à mancha angular	Linhagens S <sub>0:5</sub>	3	13,8%	Amaro et al. (2007)
Produtividade de grãos	Progênes S <sub>0:1</sub>	5	8,9%	Amaro et al. (2007)
Produtividade de grãos	Linhagens S <sub>0:5</sub>	3	2,1%	Amaro et al. (2007)
Nº Dias para Florescimento	Progênes S <sub>1</sub>	5	2,2%	Silva et al. (2007)
Produtividade, arquitetura da	Progênes S <sub>0:1</sub> e	3	3,1%	Menézes Júnior et al.



As estimativas do progresso genético com a seleção recorrente, obtidas por Amaro et al. (2007), reforçam essa observação. Esses autores iniciaram o programa de seleção recorrente visando a resistência a mancha-angular realizando um dialelo parcial entre sete linhagens adaptadas e dez fontes de resistência à *P. griseola*. As sementes F<sub>2</sub> obtidas constituíram a população base, ou população do ciclo 0 (C-0). Na safra da “seca”, que apresenta condições ambientais que favorecem a incidência e o desenvolvimento da mancha angular, essa população foi semeada e, ao final do ciclo, foram selecionadas, fenotipicamente, as plantas mais resistentes de cada cruzamento. Para obtenção do ciclo I (C-I) foram intercruzadas as melhores plantas S<sub>0:1</sub> do C-0, selecionadas fenotipicamente para resistência ao fungo. Na safra do outono-inverno, era efetuada a recombinação, sendo obtida a geração F<sub>1</sub>, cujas sementes eram semeadas na safra “das águas”, para obtenção das sementes S<sub>0</sub> do ciclo seguinte. Esse procedimento foi adotado para obtenção do ciclo II (C-II), ciclo III (C-III), ciclo IV (C-IV) e ciclo V (C-V). Desse modo, foi possível conduzir um ciclo seletivo por ano. Na região onde foi conduzido o trabalho, as condições favoráveis para o desenvolvimento do patógeno ocorrem na denominada safra da “seca”, semeadura em fevereiro-março. Assim, a geração S<sub>0</sub> sempre foi conduzida nessa safra. Dessa forma, em cada ciclo de seleção recorrente, na geração S<sub>0</sub>, além de selecionar as plantas para a recombinação, foram selecionadas adicionalmente 20 a 30 plantas de cada população, para constituírem as progênies S<sub>0:1</sub> que foram avaliadas quanto à resistência ao patógeno e produtividade de grãos. Após os cinco ciclos de seleção foi estimado um ganho de 6,4% por ciclo para resistência a mancha-angular e a resposta correlacionada para produtividade de grãos de 8,9%. Além do mais, foi constatado que ainda existe variabilidade para a seleção mesmo após o quinto ciclo, evidenciado a possibilidade de continuar obtendo ganhos com a seleção

para o caráter. Uma outra vantagem do processo é que, se novas fontes de resistência forem identificadas, podem ser incluídas na recombinação. Desse modo, certamente, a variabilidade poderá ser mantida em longo prazo, justificando a continuidade do programa.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A obtenção da população base e condução do programa de seleção recorrente até o quinto ciclo (C-V) foram realizadas por AMARO et al. (2007). Inicialmente, foi realizado um dialelo parcial envolvendo sete linhagens com grãos tipo carioca (Carioca MG, CI-140, CI-128, ANPAT 8.12, IAPAR 81, ESAL 693 e Pérola) e dez fontes de resistência à *P. griseola* (AN 512561, AND 277, Ouro Negro, Compuesto Negro Chimaltenango, CAL 143, MAR 2, MAR 1, G 5686, MA 4.137 e Jalo) com vários tipos de grãos.

Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) na safra do inverno de 1998 (semeadura em julho).

Das setenta possíveis, vinte e nove combinações híbridas foram obtidas, em grande parte devido à incompatibilidade de alguns cruzamentos (Singh & Gutierrez, 1984). Esses híbridos F<sub>1</sub> foram semeados em novembro do mesmo ano para obtenção das sementes F<sub>2</sub> (S<sub>0</sub>). Cada uma dessas 29 populações S<sub>0</sub> foi conduzida de forma independente, formando no seu conjunto a população base, ou população do ciclo 0 (C-0). Em 1999, na safra da “seca”, que apresenta condições ambientais que favorecem a incidência e o desenvolvimento da mancha angular, essa população foi semeada e, ao final do ciclo, foram selecionadas, fenotipicamente, as plantas mais resistentes de cada cruzamento.

Para obtenção do ciclo I (C-I) foram intercruzadas as 29 melhores plantas S<sub>0:1</sub> do C-0, uma por população, selecionadas fenotipicamente para resistência ao fungo e, entre essas, aquelas que apresentassem grãos tipo carioca o mais próximo possível ao padrão exigido pelo mercado, ou seja, com grãos de fundo bege e rajas marrom claras. Para tanto, uma planta de cada população foi

intercruzada com outras duas, de acordo com o esquema apresentado por Ramalho et al. (2001).

A recombinação foi efetuada na safra do inverno de 2000 (semeadura em julho) e as sementes  $F_1$  obtidas, semeadas nas “águas” de 2000 (novembro) para obtenção das sementes  $S_0$  do ciclo I (C-I). O mesmo procedimento foi adotado para obtenção do ciclo II (C-II) ao ciclo VIII (C-VIII). Desse modo, foi possível conduzir um ciclo seletivo por ano.

Na região, as condições favoráveis para o desenvolvimento do patógeno ocorrem na denominada safra da “seca”, semeadura em fevereiro-março. Assim, a população  $S_0$ , na qual foram selecionadas as plantas para serem recombinadas para obtenção do ciclo seguinte, sempre foi conduzida nessa safra.

Em cada ciclo, na geração  $S_0$ , além das plantas selecionadas para a recombinação, outras eram identificadas para gerar as progênies e continuar o processo de endogamia até a obtenção de linhagens. Esse procedimento foi adotado até o C-V. Do C-VI em diante, para a condução do processo de endogamia as populações foram conduzidas em bulk até a geração  $S_3$ . Para isso, a geração  $S_0$  era semeada em fevereiro-março, a  $S_1$  em julho, a  $S_2$  em outubro-novembro e a  $S_3$  novamente em fevereiro-março, quando foram obtidas as progênies  $S_{3;4}$ . Essa estratégia possibilitou a seleção para resistência ao patógeno antes da obtenção das progênies, na geração  $S_0$  e também na  $S_3$ , que são as duas gerações conduzidas na safra em que há incidência mais severa de mancha angular.

As progênies  $S_{0;1}$  ou  $S_{3;4}$  eram sempre avaliadas em experimentos conduzidos na safra da “seca” do ano seguinte em Lavras, MG, em parcelas de uma linha de 2m, utilizando sempre como testemunhas as cultivares Carioca MG (suscetível ao patógeno) e Pérola (tolerante).

Os detalhes sobre o número de progênies avaliadas em cada ciclo de seleção recorrente, o delineamento experimental e ano de avaliação estão na

Tabela 2. Em todos os experimentos era avaliada a produtividade de grãos em g/parcela e a severidade de mancha angular por meio da escala de notas de nove graus proposta pelo CIAT e adaptada por Nietsche (2000b), sendo: 1 - Plantas sem sintomas da doença; 2 - Presença de até 3% de lesões; 3 - Presença de até 5% de lesões não-esporuladas; 4 - Presença de lesões esporuladas, que cobrem aproximadamente 10% da área foliar; 5 - Presença de várias lesões esporuladas entre 2 e 3 mm, que cobrem aproximadamente 10-15% da área foliar; 6 - Presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem 15-20% da área foliar; 7 - Presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3 mm, que cobrem 20-25% da área foliar; 8 - Presença de numerosas lesões esporuladas maiores que 3mm, que cobrem 25-30% da área foliar, geralmente associadas a tecidos cloróticos, os quais podem coalescer e formar extensas áreas infectadas; 9 - Sintomas severos da doença, resultando em queda prematura de folhas e morte.

TABELA 2. Número de progênies de cada ciclo de seleção recorrente, delineamento experimental e ano de semeadura.

<b>Ciclo</b>	<b>Tipo de Progênies</b>	<b>Nº de progênies</b>	<b>Delineamento experimental</b>	<b>Semeadura</b>
C-I	S <sub>0:1</sub>	223	Látice simples 15 x 15	2001
C-II	S <sub>0:1</sub>	322	Látice simples 18 x 18	2002
C-III	S <sub>0:1</sub>	194	Látice simples 14 x 14	2003
C-IV	S <sub>0:1</sub>	287	Látice simples 17 x 17	2004
C-V	S <sub>0:1</sub>	254	Látice simples 16 x 16	2005
C-VI	S <sub>3:4</sub>	79	Látice simples 9 x 9	2007
C-VII	S <sub>3:4</sub>	254	Látice simples 16 x 16	2008
C-VIII	S <sub>3:4</sub>	194	Látice simples 14 x 14	2009

Em todos os experimentos, na semeadura foi utilizada como adubação 400 kg/ha da fórmula 8-28-16 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. Aos 25 dias após a emergência das plantas era feita a adubação em cobertura com 150 kg/ha de sulfato de amônio. A cultura foi submetida à irrigação por aspersão, quando necessário. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de herbicidas de pós-emergência.

Os dados obtidos quanto à severidade de mancha angular (notas de 1 a 9) e produtividade de grãos das progênies de cada ciclo foram submetidos à análise de variância (ANAVA), considerando-se todos os efeitos aleatórios, exceto a média. Também foram estimadas a variância genética ( $\sigma^2_G$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}^2_F$ ) e a herdabilidade no sentido amplo ( $h^2$ ) de acordo com Ramalho et al. (1993). Para determinar os intervalos de confiança para as estimativas da herdabilidade foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas de acordo com as expressões apresentadas por Knapp et al. (1985).

Foi estimado o progresso genético obtido com os ciclos de seleção recorrente para os caracteres reação a mancha angular e produtividade de grãos utilizando metodologia semelhante à empregada por Amaro et al. (2007). Para isso, obtiveram-se as regressões lineares considerando-se sempre como variável independente (x) os ciclos de seleção. Visando a atenuar o efeito ambiental, uma vez que as progênies de cada ciclo foram avaliadas em anos diferentes, como variável dependente (Y), foram utilizados os desvios genéticos das progênies ( $d_G$ ) para cada caráter, em relação às testemunhas comuns, semelhante à metodologia utilizada por Amaro et al., 2007.

Para severidade de mancha-angular os  $d_{Gi}$  (desvio genético no ciclo i) foram calculados levando-se em consideração apenas a média da testemunha susceptível 'Carioca MG' no ciclo i, assim,  $d_{Gi} = (\text{média da Carioca MG no ciclo } i - \text{média das progênies no ciclo } i)$ . Já para o caráter produtividade de grãos, a média das duas testemunhas foi utilizada para o cálculo dos  $d_{Gi}$ , assim,  $d_{Gi} =$

(média das testemunhas no ciclo  $i$  – média das progênies no ciclo  $i$ ). Desta forma o progresso genético porcentual foi obtido pelo seguinte estimador:

$$PG(\%) = \left( \frac{b_1}{\bar{X}_{CI}} \right) * 100, \text{ em que } PG(\%) \text{ é o progresso genético porcentual por}$$

ciclo de seleção recorrente em relação à média das progênies do C-I;  $b_1$  é o coeficiente de regressão linear; e  $\bar{X}_{CI}$  é a média das progênies do C-I.

Este estimador também foi utilizado para o tipo de grão, já que na seleção das progênies mais resistentes também eram escolhidas aquelas com grãos tipo carioca o mais próximo possível ao padrão exigido pelo mercado. Nesse caso a avaliação foi realizada utilizando-se cinco linhagens de cada um dos seis primeiros ciclos de seleção recorrente. Para isso foi avaliado o tipo de grão utilizando-se escala de notas de 1 a 5, semelhante à empregada por Ramalho et al. (2005) em que: 1 – típico grão carioca, cor bege clara com rajadas marrom claras, sem halo, massa média de 100 grãos de 22-24 g e grãos não achatados; 2 – grão tipo carioca deficiente em uma das características mencionadas no padrão; 3 – grão tipo carioca deficiente em duas das características mencionadas no padrão; 4 – grão tipo carioca deficiente em três das características mencionadas no padrão; 5 – grão de cor bege escura, com rajadas marrom escuras, com halo, massa média de 100 sementes inferior a 22g e grãos achatados. As notas foram dadas por três profissionais com experiência na cultura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando cada avaliador como uma repetição. Para estimar o progresso genético foi adotado procedimento semelhante ao anterior, porém para a regressão considerou-se como variável dependente (Y) a nota de grãos média das cinco linhagens do ciclo  $i$  e, como variável independente (X), os ciclos de seleção.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se diferença significativa ( $P < 0,07$ ) entre as progênies em todos os ciclos para as notas de severidade de mancha angular, evidenciando a existência de variabilidade entre as progênies com relação ao nível de resistência ao patógeno (Tabela 1A). As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos corroboram com essa observação. As estimativas de  $h^2$  foram, na maioria das situações, elevadas e superiores a 50% (Tabela 3). As estimativas do limite inferior das  $h^2$ 's em quase todos os casos foram positivas, indicando que as estimativas obtidas, com 95% de probabilidade, devem ser diferentes de zero.

TABELA 3. Estimativas das variâncias genéticas ( $\hat{\sigma}_G^2$ ) e fenotípicas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) entre progênies, e herdabilidades no sentido amplo ( $h_a^2$ ) com seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente para nota de severidade de mancha-angular (1 a 9).

Ciclo	Tipo de Progênies	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_F^2$	$h_a^2$ (%)	LI	LS
I	S <sub>0:1</sub>	0,904	1,644	55,00	40,97	65,78
II	S <sub>0:1</sub>	1,048	1,619	64,74	55,87	71,87
III	S <sub>0:1</sub>	0,354	0,558	63,52	48,81	72,83
IV	S <sub>0:1</sub>	0,469	0,665	70,58	62,66	76,85
V	S <sub>0:1</sub>	0,038	0,173	21,81	-0,64	39,52
VI	S <sub>3:4</sub>	0,163	0,523	31,24	-9,54	57,32
VII	S <sub>3:4</sub>	0,383	0,658	58,23	46,17	67,65
VIII	S <sub>3:4</sub>	0,538	1,259	42,75	23,37	57,35



Esses valores estão coerentes com os obtidos por vários autores avaliando a severidade de ocorrência do patógeno utilizando diferentes tipos de progênies (Pereira et al., 2004; Teixeira, 2005; Amaro et al., 2007; Couto et al., 2008). A existência de variabilidade entre as progênies pode ser observada, também pela ampla variação entre suas médias (Tabela 4). Veja que, em todos os ciclos, a amplitude das notas de severidade de mancha-angular foi expressiva.

TABELA 4. Nota média de severidade de mancha angular (1 a 9), e produtividade de grãos (g/2m<sup>2</sup>) das progênies do primeiro (C-I) ao oitavo ciclo (C-VIII) de seleção recorrente e das testemunhas Carioca MG (CMG) e Pérola.

Ciclo	Nº de Progênies	Notas de severidade da doença			Produtividade de grãos		
		Progênies	CMG	Pérola	Progênies	CMG	Pérola
I	223	3,95 (1,7-7,9) <sup>1</sup>	5,7	4,2	355,3 (131,2-786,8) <sup>1</sup>	370,8	415,8
II	322	4,46 (2,1-7,8)	7,6	5,2	528,0 (224,0-982,0)	438,2	384,6
III	194	3,32 (1,8-5,9)	7,2	3,1	487,8 (190,0-821,8)	366,0	355,4
IV	287	3,80 (1,5-7,5)	6,5	4,9	521,0 (180,8-777,0)	422,2	456,6
V	254	2,83 (1,8-4,3)	6,0	3,6	515,0 (188,6-873,0)	376,8	369,0
VI	79	1,32 (0,6-4,4) <sup>1</sup>	3,6	2,4	400,2 (183,8-616,9)	433,1	323,8
VII	256	4,6 (2,9-6,7)	5,9	4,5	662,06 (313,6-1025,8)	555,5	539,5
VIII	194	4,28 (2,0-7,4)	6,8	5,5	404,9 (108,3-734,7)	371,2	240,1

<sup>1</sup>Entre parêntesis, a variação para severidade de mancha angular e produtividade de grãos.

Um grande problema na avaliação comparativa da severidade de ocorrência de patógenos entre anos diferentes e/ou locais é o efeito ambiental. Para se atenuar esse problema, a principal alternativa é o emprego de uma testemunha suscetível, como no caso, a cultivar 'Carioca MG'. Veja que nas avaliações das gerações iniciais das progênies de cada ciclo seletivo a nota média atribuída a essa cultivar sofreu uma pequena variação, porém com altos valores, indicando, como já mencionado, que na época "da seca", as condições para o desenvolvimento do patógeno eram favoráveis (Tabela 4). Somente no C-VI é que a incidência do patógeno foi baixa, conforme pode ser verificado pela nota média de severidade da 'Carioca MG'.

Tomando como referência a média geral das progênies ao longo dos ciclos seletivos, verifica-se tendência de redução no seu valor até o C-VI (Tabela 4). No C-VII e C-VIII a média sofreu elevação. Contudo, o mesmo fato foi constatado para as testemunhas, evidenciando que ocorreu flutuação na severidade do patógeno entre os anos. Esse fato pode ser devido a algum fator ambiental e/ou a diferença na raça prevalescente em cada ano.

Na análise de variância para a produtividade de grãos também foi detectada variação ( $P < 0,07$ ) entre as progênies em todos os ciclos de seleção recorrente (Tabela 2A). Corroborando com os resultados das análises de variância estão as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos (Tabela 5). Assim como a ampla variação observada entre as médias das progênies (Tabela 4). Nos diferentes ciclos verifica-se que as estimativas da  $h^2$  foram, na maioria dos casos, superiores a 40%, valores esses semelhantes ao que tem sido encontrado para esse caráter em outras condições (Mendonça, 2002; Pereira et al., 2004; Teixeira, 2005; Amaro et al., 2007; Couto et al., 2008).

A seleção recorrente é uma atividade que necessita ser periodicamente avaliada. A estimativa do progresso genético nesses períodos permite aos melhoristas verificarem o sucesso já obtido e se há necessidade de alterações nos

TABELA 5. Estimativas das variâncias genéticas ( $\hat{\sigma}_G^2$ ) e fenotípicas ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) entre progênies, e herdabilidades no sentido amplo ( $h_a^2$ ) com seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente para produtividade de grãos (g/2m<sup>2</sup>).

Ciclo	Tipo de Progênies	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_F^2$	$h_a^2$ (%)	LI	LS
I	S <sub>0:1</sub>	4500,504	10621,136	43,373	24,390	56,180
II	S <sub>0:1</sub>	9316,662	18795,522	49,569	36,870	59,760
III	S <sub>0:1</sub>	9040,534	15578,646	58,032	43,820	68,730
IV	S <sub>0:1</sub>	3708,126	9616,154	38,561	22,030	51,660
V	S <sub>0:1</sub>	4010,842	15625,540	25,668	4,210	42,430
VI	S <sub>3:4</sub>	2739.999	8955.925	30.59	-10.58	56.92
VII	S <sub>3:4</sub>	6926.789	16503.751	41.97	25.22	55.06
VIII	S <sub>3:4</sub>	7126.275	14804.538	48.14	30.58	61.36

procedimentos até então utilizados. Em plantas alógamas, a estimativa do progresso genético é facilmente obtida realizando a avaliação das populações dos diferentes ciclos. Isto porque nessas plantas a população volta à condição normal de equilíbrio após a recombinação. Assim, basta armazenar uma amostra das populações a cada ciclo para posterior avaliação. No caso do feijoeiro, esse procedimento não pode ser utilizado. Após o inter cruzamento, nas gerações sucessivas ocorre autofecundação. As frequências alélicas não se alteram, contudo, as genotípicas sim. Em ocorrência de dominância a média do caráter é alterada com a autofecundação. Por isso, para obter o progresso genético em plantas autógamas, algumas alternativas têm sido utilizadas tais como o desempenho médio das progênies S<sub>0:1</sub> ou S<sub>0:2</sub> em cada ciclo, utilizando

testemunhas comuns nas avaliações para se ter indicador da flutuação ambiental (Olmedo et al., 1995; Ranalli, 1996; Singh et al., 1999; Ramalho et al., 2005; Amaro et al., 2007) e a utilização das melhores linhagens identificadas no final de cada ciclo de seleção recorrente (Ramalho et al., 2005; Amaro, 2007).

Nesse trabalho, estimativas do progresso genético para severidade da mancha-angular, foram obtidas utilizando-se os desvios genéticos das médias das progênies na geração inicial de avaliação em cada ciclo em relação à testemunha ‘Carioca MG’, para atenuar o efeito ambiental (Tabela 6). Verificou-se que a estimativa do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) não foi diferente de zero. Além do mais, o coeficiente de determinação foi de apenas  $R^2=8,2\%$ , indicando que os desvios genéticos das notas de severidade não se ajustaram à equação de regressão linear. Nessa condição, não foi possível verificar qual foi o progresso com a seleção recorrente para resistência ao patógeno. Deve ser enfatizado que, no caso desse caráter, há alguns fatores que podem dificultar o bom ajustamento dos dados à equação de regressão. Um deles é o efeito ambiental. A testemunha atenua o problema, mas, evidentemente, não o elimina totalmente, sobretudo quando se tem apenas uma testemunha suscetível. O caráter é avaliado por meio de notas, subjetivamente. De um ciclo para outro, mesmo o avaliador sendo experiente, as notas podem ser atribuídas com precisão diferente de uma safra para outra. Adicionalmente, não se deve esquecer que esse patógeno possui inúmeras raças que diferem em virulência (Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Silva et al., 2008). De uma safra para outra as raças prevalescentes podem mudar e, por conseguinte, a severidade do patógeno pode ser diferente.

Deve ser destacado que, mesmo nos ciclos iniciais da seleção recorrente a nota média de severidade da mancha angular foi semelhante à da cultivar Pérola, utilizada como testemunha e que é bem tolerante ao *P. griseola*. Isso implica que o nível de resistência da população original já era alto. O progresso

TABELA 6. Médias das progênies e da cultivar Carioca MG (CMG), do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos ( $d_G$ ) das médias das progênies em relação a média da cultivar Carioca MG, coeficientes de regressão linear ( $b_0$  e  $b_1$ ) e de determinação ( $R^2$ ) e ganho com a seleção (GS), para severidade de mancha angular (1 a 9).

Ciclo	Média das progênies	Média da CMG	Média da 'Pérola'	$d_G^1$
I	3.95	5.67	4.2	1.72
II	4.46	7.62	5.2	3.16
III	3.32	7.20	3.1	3.88
IV	3.80	6.51	4.9	2.71
V	2.83	6.04	3.6	3.21
VI	1.32	3.55	2.4	2.24
VII	4.60	5.90	4.5	1.30
VIII	4.28	6.78	5.5	2.50
$b_0$				3,033
$b_1$				-0,098
$R^2$ (%)				8,22
GS (%)				-2,49

$d_G = (\text{Média da cultivar Carioca MG}) - (\text{Média das progênies}).$

a ser obtido por ciclo deve ser pequeno, pois a população de referência do C-0 já tem boa resistência. Assim, só é possível estimar o progresso com precisão se todos os fatores anteriormente comentados forem controlados.

Poucos são os relatos encontrados na cultura do feijoeiro do emprego da seleção recorrente visando resistência a patógenos (Lyons et al., 1987; Garcia et al., 2003; Amaro et al., 2007). Considerando que os estudos do controle genético da resistência a determinadas raças de *P. griseola* apontam que a resistência é

monogênica e/ou oligogênica (Caixeta et al., 2002; Mahuku et al., 2004), o emprego da seleção recorrente poderia ser questionado. Entretanto, esse patógeno possui várias raças (Nietsche et al., 2001; Sartorato, 2002; Sartorato & Alzate-Marin, 2004; Silva et al., 2008) e no controle genético da resistência a todas essas raças, certamente estarão envolvidos inúmeros genes. Além do mais, nota-se que há um gradiente nos sintomas entre linhagens consideradas resistentes. Parte dessa gradação pode ser atribuída ao efeito ambiental, porém, a existência de controle poligênico do caráter não deve ser desconsiderada.

Como a mancha angular afeta a produtividade de grãos (Correa et al., 1994; Jesus Júnior et al., 2001) o sucesso do programa de seleção recorrente também pode ser avaliado indiretamente estimando o ganho para esse caráter. Dessa forma, para se obter a resposta indireta na produtividade de grãos pela seleção efetuada para notas de severidade do patógeno, foi estimado o progresso genético para a produtividade. Veja que os valores do desvio ( $d_G$ ) da produtividade média de grãos das progênies em relação às testemunhas foram sempre positivos a partir do C-II (Tabela 7). A estimativa do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) foi de  $8,31 \text{ g/2m}^2$ , contudo, também associado a um baixo coeficiente de determinação. O ganho percentual em relação à produtividade média das progênies no C-I foi de 2,3% por ciclo (Tabela 7). Esse valor foi semelhante ao obtido por Amaro et al. (2007) até o quinto ciclo seletivo e é também semelhante ou até superior aos que têm sido relatados com a seleção realizada diretamente no caráter produtividade de grãos (Ranalli, 1996; Singh et al., 1999; Ramalho et al., 2005). Infere-se que os programas de melhoramento do feijoeiro devem concentrar sua atenção na obtenção de linhagens resistentes a esse patógeno como uma das estratégias para se obter ganho na produtividade de grãos.

TABELA 7. Médias das progênies e das testemunhas do primeiro ao oitavo ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos ( $d_G$ ) das progênies em relação à média das testemunhas, coeficientes de regressão linear ( $b_0$  e  $b_1$ ) e de determinação ( $R^2$ ) e ganho com a seleção, para produtividade de grãos ( $g/2m^2$ ).

Ciclo	Média das progênies	Média das testemunhas	$d_G$ ( $g/2m^2$ ) <sup>1</sup>
I	355,30	393,27	- 37,97
II	527,60	411,40	116,20
III	486,40	360,80	125,60
IV	520,40	439,40	81,00
V	515,00	372,80	138,20
VI	400,15	378,47	21,68
VII	662,06	547,49	114,57
VIII	404,94	305,62	99,32
$b_0$			44,91
$b_1$			8,31
$R^2$ (%)			11,36
GS (%)			2,34

$d_G$  = média das testemunhas – média das progênies

É também marcante o fato de que a população original envolvia grãos com pequena probabilidade de aceitação comercial. Ela foi gerada por meio de um dialelo parcial envolvendo fontes de resistência com diversos tipos de grãos, sem aceitação comercial, com linhagens de grãos tipo carioca. Muito embora no controle genético do aspecto dos grãos estejam envolvidos vários genes (Basset, 1996; Basset, 2004), houve progresso acentuado com a seleção também para esse caráter. Em realidade, na identificação das progênies para a recombinação ou avanço da endogamia, o tipo de grão era considerado. Em vista deste fato, visando a quantificar esse ganho, foi estimado o progresso genético com base na

média de cinco linhagens de cada ciclo de seleção do primeiro ao sexto ciclo (Tabela 8). Notou-se tendência de redução das médias com o decorrer dos ciclos seletivos, ou seja, melhoria no tipo de grão (Figura 1). A estimativa do coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) foi de -0,084, o que corresponde a um ganho percentual médio de -2,47% por ciclo em relação à nota das linhagens do primeiro ciclo seletivo. Em outros programas de seleção recorrente para produtividade de grãos e arquitetura da planta também foram observados ganhos indiretos para o tipo de grão, uma vez que os melhoristas sempre levam em conta esse caráter na seleção das progênies para recombinação (Ramalho et al., 2005; Cunha et al., 2005).

TABELA 8. Médias das linhagens do primeiro ao sexto ciclo de seleção recorrente, coeficientes de regressão linear ( $b_0$  e  $b_1$ ) e de determinação ( $R^2$ ) e ganho com a seleção para nota de grãos de grãos (notas de 1 a 5).

Ciclo	Média das linhagens
I	3,4
II	2,9
III	3,1
IV	2,7
V	2,9
VI	2,9
$b_0$	3,260**
$b_1$	-0,084*
$R^2$ (%)	42,9
GS (%)	-2,47

\*, \*\*:  $p < 0,16$  e  $p < 0,001$ , respectivamente.



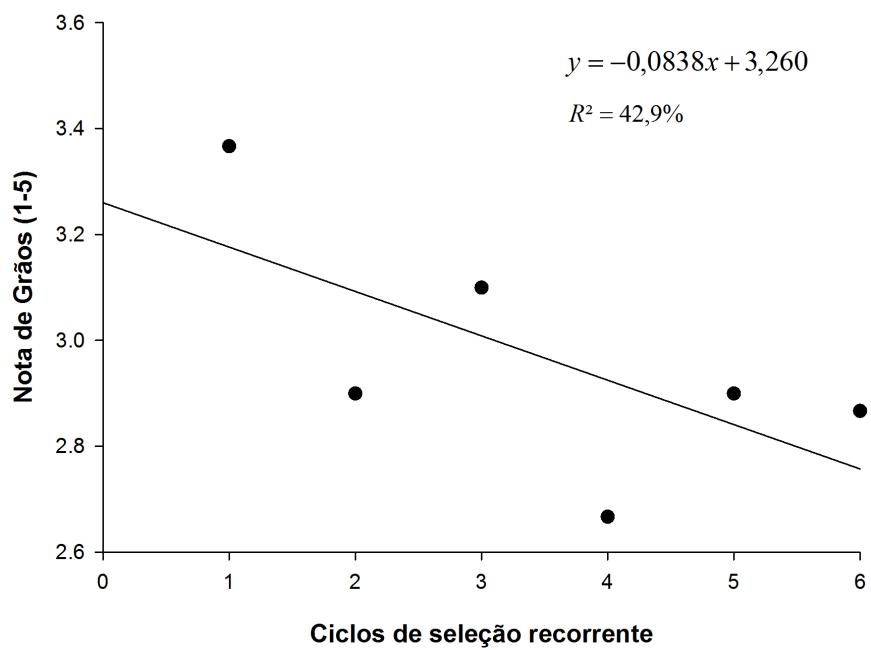


FIGURA 1. Regressão para nota média para de tipo de grão (1 a 5) das linhagens dos seis primeiros ciclos de seleção recorrente.

## 5 CONCLUSÕES

Não foi possível detectar progresso genético quanto à resistência a mancha-angular. Contudo, a resistência média das progênies, em todos os ciclos seletivos, foi equivalente ao da cultivar Pérola, considerada tolerante, o que evidencia que a população original já possuía bom nível de resistência.

Selecionando-se as progênies mais resistentes à mancha-angular, obteve-se ganho indireto para produtividade de grãos de 2,34% até o C-VIII e para tipo de grão, considerando as linhagens do primeiro ao sexto ciclo de seleção recorrente, de 2,47%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.105-112, jan., 1994.
- AGGARWAL, V. D., PASTOR-CORRALES, M. A.; CHIRWA, R. M.; BURUCHARA, R. A. Andean beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with resistance to the angular leaf spot pathogen (*Phaeoisariopsis griseola*) in southern and eastern Africa. **Euphytica**, v. 136, p. 201–210, 2004.
- ALVAREZ-AYALA, G.; SCHWARTZ, H. F. Preliminary investigations of pathogenic variability expressed by *Phaeoisariopsis griseola*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 22, p. 86-87, 1979.
- ALZATE-MARIN, A.L.; CERVIGNI, G.D.L.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 333-342, 2005.
- AMARO, G. B. **Seleção recorrente fenotípica no feijoeiro visando a resistência a *Phaeoisariopsis griseola***. 2006. 90 p. Dissertação (Tese em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- AMARO, G.B.; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SILVA, F.B. 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**, v. 30, n. 3, p. 584-588, 2007.
- ARANTES, L. de O.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Controle genético da incompatibilidade do cruzamento entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 978-980, maio/jun., 2008.

BALBI, B. P.; SANGLARD, D. A.; ARRUDA, K. M. A.; COSTA, M. R.; PIOVESAN, N. D.; BARROS, E. G., MOREIRA, M. A. Characterization of *Pseudocercospora griseola* isolates collected in the state of Minas Gerais, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 52, p. 56-57, 2009.

BARRON, J. E.; PASINI, R. J.; DAVIS, D. W.; STUTHMAN, D. D.; GRAHAM, P. H. Response to selection for seed yield and nitrogen (N<sub>2</sub>) fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 2/3, p. 119-128, June, 1999.

BASSET, M. J. List of genes – *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p. 1-19, 1996.

BASSETT, M. J. & MCCLEAN, P. E. A brief review of the genetics of partly colored seed coats in common bean. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.**, Fort Collins, v. 43, p. 99–100, 2000.

BASSET, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47 p. 1-24, 2004.

BEAVER, J. S.; KELLY, J. D. Comparison of selection methods for dry bean populations derived from crosses between gene pools. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 34-37, Jan./Feb. 1994.

BRENES, B. M.; CHAVES, G. M.; ZAMBOLIM, L. Estimativas de perdas no rendimento do feijoeiro comum (*P. vulgaris* L.) causadas pela mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 599, out. 1983.

BROCK, R. D. Resistance to angular leafspot among varieties of beans. **Journal Australian Institute Agricultural Science**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 25-30, 1951.

BRUZI, A. T.; SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos. Performance of common bean families from crossing of Andean and Mesoamerican lines. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, New York, v. 47, p. 299-300, 2004.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F.B.; FERREIRA, D. F.; SENA, M. R. Homeostasis of common bean populations with different genetic

structures. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 2, p. 111-116, June 2007.

CAIXETA, E.T, BORÉM, A., ALZATE-MARIN, A.L., FAGUNDES, S.A., SILVA, M.G.M., BARROS, E.G., MOREIRA, M.A. Allelic relationships for genes that confer resistance to angular leaf spot in common bean. **Euphytica**, 145:237-245, 2005.

CAIXETA, E.T, BORÉM, A., FAGUNDES, S.A., NIESTCHE, S., BARROS, E.G., MOREIRA, M.A. Inheritance of angular leaf spot resistance in common bean line BAT 332 and identification of RAPD markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, 134:297-303, 2003.

CAIXETA, E. T. **Caracterização da resistência genética à mancha-angular e desenvolvimento de marcadores microssatélites para regiões específicas do genoma do feijoeiro**, 2002. 90 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

CAMPOS-ÁVILA, J. **Enfermedades del frijol**. México: Ed. Trillas, 1987. 132p.

CARNEIRO, G. E. S.; ZIMMERMANN, F. J.; DEL PELOSO, M. J. Avaliação de linhagens de feijão dos grupos carioca e preto nas regiões sudeste e centrooeste do Brasil. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, v. 1, p. 280-282. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99).

CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel. Universitária, 2001. 99p.

CARVALHO, G. A.; PAULA JR. T. J.; ALZATE-MARIN. A. L.; NIETSCHE, S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. 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 INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT. **Annual Report 1985**: Bean Program. Cali, 1986. p. 27-34. (Working Document, n. 14).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB.

**Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, décimo primeiro levantamento, agosto/2009. Brasília, Brasil: Conab, 2009. p. 39

CORREA-VICTORIA, F. J. **Pathogenic variation, production of toxic metabolites, and isozyme analysis in *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr.** 1987. 120 p. Thesis (Ph. D) – Michigan State University, East Lansing, MI, USA.

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, Colômbia: CIAT, 1994. p. 67-86.

CORRÊA, R. X.; GOOD-GOD, P. I.; OLIVEIRA, M. L. P.; NIESTCHE, S.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Herança da resistência à mancha angular do feijoeiro e identificação de marcadores moleculares flanqueando o loco de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 27-32, jan./mar. 2001.

COUTO, M. A.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. de F. B. Selection of Carioca type common bean lines with anthracnose and angular leaf spot- resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 5, n. 3, p. 324-331, 2005.

COUTO, M. A.; SANTOS, J. B. ; FERREIRA, J. L. . Melhoramento do feijoeiro comum com grão tipo carioca visando resistência à antracnose e à mancha angular. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1643-1648, set.-out., 2008.

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**, Londrina, v. 5, n. 4, p. 379-386, Dec. 2005.

FERREIRA, C. F.; BORÉM, A.; CARVALHO, G. A.; NIETSCHE, S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Inheritance of Angular Leaf Spot Resistance in Common Bean and Identification of a RAPD Marker Linked to a Resistance Gene. **Crop Science**, v. 40, p. 1130-1133, 2000.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection Methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. (Ed). **Genetic Resources of *Phaseolus***

**beans:** their maintenance, domestication, evolution, and utilization. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p 503-541.

GARCIA, R. E.; ROBINSON, R. A.; AGUILAR, J. A. P.; SANDOVAL, S. S.; GUZMAN, R. P. Recurrent selection for quantitative resistance to soil borne diseases in beans in the Mixteca region, México. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, n. 2, p. 241-247, 2003.

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

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005. 97 p.

GUSMÁN, P.; GILBERTSON, R. L.; NODARI, R.; JOHNSON, W. C.; TEMPLE, S. R.; MANDALA, D.; MKANDAWIRE, A. B. C.; GEPTS, P. Characteruzation of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggest coevolution with the common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 5, p. 600-607, May 1995.

HALAUER, A. R. Heterosis: What have we learned, what have we done, and where are we headed? In: **The genetics and exploitation of heterosis in crops**. México: CIMMYT, 1999. p. 483-492.

HULL, F. H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Journal of the American Society for Agronomy**, Madison, v. 37, n. 2, p. 134-145, Feb. 1945.

JESUS JÚNIOR, W. C. de; VALE, F. X. R. do; COELHO, R. R.; HAU, B.; ZAMBOLIN, L.; COSTA, L. C.; BERGAMIN FILHO, A. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 11, p. 1045-1053, Nov. 2001.

KELLY, J. D.; MIKLAS, P. N. The role of RAPD markers in breeding for disease resistance in common bean. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 4. n. 1, p. 1-11, 1998.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v.25, n.1, p.192-194, Jan./Feb. 1985.

LEAKEY, C. L. A. 1988. Geotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS P. (Ed.) **Genetics resources of *Phaseolus* beans**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 245-327.

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

LYONS, M. E.; DICKSON, M. H.; HUNTER, J. E. Recurrent selection for resistance to white mold in *Phaseolus species*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 1, p. 149-152, Jan., 1987.

MAHUKU, G. S.; HENRÍQUEZ, M. A.; MUÑOZ, J.; BURUCHARA, R. A. Genetic variability within *Phaeoisariopsis griseola* from Central America and its implications for resistance breeding of common bean. **Plant Pathology**, Oxford, v. 51, n. 5, p. 594-604, Oct. 2002.

MAHUKU, G.; MONTROYA, C.; HENRIQUEZ, M. A. Inheritance and characterization of angular leaf spot resistance gene present in common bean accession G 10474 and identification of an AFLP marker to the resistance gene. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 5, p. 1817-1824, Sept./Oct. 2004.

MAHUKU, G. S.; IGLESIAS, Á. 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**, v. 167, p. 381-396, 2009.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 80 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

MENDONÇA, H. A. de; SANTOS, J. B. dos; RAMALHO, M. A. P. Selection of common bean segregation populations using genetic and phenotypic parameters and RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p.219-226, 2002.



MIKLAS, P. N. , KELLY, J. D., BEEBE, S. E., BLAIR, M. W. .Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. **Euphytica** 147: 105–131, 2006.

MILACH, S.C.K., CRUZ, R.P. Piramidização de genes de resistência às ferrugens em cereais. **Ciência Rural**, v. 27, n. 4, p. 685-689, 1997.

MORA, B. B. **Estimativa de perdas no rendimento de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) causadas pela mancha-angular (*Isariopsis griseola* Sacc.)**. 1983. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; NUNES, J. A. R.; ABREU, A. de F. B. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, jul.\ago., 2007.

MSTAT-C. **A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments**. Michigan: Michigan State University, 1991.

NELSON, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v. 16, p. 359-378, 1978.

NIENHUIS, J. & SINGH, S. P.,. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle American origin. II. Genetics, variance, heritability and expected response from selection. **Plant Breed**, v. 101: p. 155–163, 1988.

NIETSCHKE, S.; BORÉM, A.; CARVALHO, G. A.; ROCHA, R. C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. RAPD and SCAR Markers Linked to a Gene Conferring Resistance to Angular Leaf Spot in Common Bean. **Journal of Phytopathology**, v. 148, n. 2, p. 117-121, 2000a.

NIETSCHKE, S.; BORÉM, A.; ROCHA, R. C.; CAIXETA, E. T.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Fontes de resistência à mancha-angular do feijoeiro no Brasil. **Revista Ceres**, v. 47, n. 273, p. 567-572, 2000b.

NIETSCHKE, S.; BORÉM, A.; CARVALHO, G.A.; PAULA JÚNIOR, T.J.; FERREIRA, C.F.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic diversity of *Phaeoisariopsis griseola* in the State of Minas Gerais, Brazil. **Euphytica**, v.117, p.77-84, 2001.

NIETSCHÉ, S.; BORÉM, A.; ALZATE-MARIN, A. L.; COSTA, M.; ROCHA, R. C.; CAIXETA, E. T.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Variabilidade genética da patogenicidade de *Phaeoisariopsis griseola* no Brasil. **Summa Phytopathológica**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 331–335, 2002.

OLIVEIRA, E. J. de; ALZATE-MARIN, A. L.; BORÉM, A.; MELO, C. L. P.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Reação de cultivares de feijoeiro comum a quatro raças de *Phaeoisariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 220-223, mar./abr. 2004.

OLMEDO, A. O. B.; ELIAS, E. M.; CANTRELL, R. G. Recurrent selection for grain yield in durum wheat. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 714-719, May/June 1995.

PARK, S. O.; COYNE, D. P.; JUNG, G.; SKROCH, P. W.; ARNAUD-SANTANA, E.; STEADMAN, J. R.; ARIYARATHNE, H. M.; NIENHUIS, J. Mapping of QTL for seed size and shape traits in common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, p. 466–475, 2000.

PARLEVLIIET, J. E.; ZADOKS, J. C. The integrated concept of disease resistance; a new view including horizontal and vertical resistance in plants. *Euphytica*, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 5-21, 1977.

PASTOR-CORRALES, M. A.; JARA, C. E. La evolución de *Phaeoisariopsis griseola* com el frijol común em América Latina. **Fitopatologia Colombiana**, Santa Fe de Bogota, v. 19, n. 1, p. 15-24, 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. de; ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. 2. ed. **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 359-414.

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

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

RAMALHO, M. A. P. Seleção recorrente. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA, 1997. v. 2, p. 153-165. (EMBRAPA-CNPAF-APA. Documentos, 70).

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; GONÇALVES, F. M. A.; CORTE, H. R. Desempenho de linhagens do programa de melhoramento da UFLA/EPAMIG em vários ambientes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, v. 1, p. 335-338. Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, 1993. 271 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de plantas autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. S.; Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25 n. 223, p. 21-33, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA-JR, T. J. E BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas. Viçosa: Editora UFV, 1998. p. 435-449.

RANALLI, P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performance of S2 progenies. **Euphytica**, Wageningen, v. 87, n. 2, p. 127-132, 1996.

REIS-PRADO, F. G.; SARTORATO, A.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SIBOV, S. T.; PINHEIRO, J. B.; CARNEIRO, M. S. Reação de cultivares de feijoeiro comum à mancha angular em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 306-309, maio-jun., 2006.

RIBEIRO, N. D.; HOFFMANN JÚNIOR, L.; STROSCHEIN, M. R. D.; POSSEBON, S. B. Genotype x environment interaction in common bean yield and yield components. **Crop Breeding and applied biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 1, p.27-34, Jan./Mar. 2003.

SANTOS, V. S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. 2001. 57 p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

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**, v.17, p.247-251, 1992.

SARTORATO, A. e RAVA, C.A. Mancha angular. In: SARTORATO, A. e RAVA, C.A. (Eds.). **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p.41-68.

SARTORATO, A.; NIETSCH, S.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. 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. Identification of *Phaeoisariopsis griseola* pathotypes from five States of Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, n. 27, p. 78-81, 2002.

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. Pathogenic variability and genetic diversity of *Phaeoisariopsis griseola* isolates from two counties in the state of Goiás, Brazil. **Journal Phytopathology**, Berlin, v. 152, n. 7, p. 385-390, Aug. 2004.

SARTORATO, A. Resistance of Andean and Mesoamerican common bean genotypes to *Phaeoisariopsis griseola*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 48, p. 88-89, 2005.

SCHAFER JF, ROELFS AP. Estimated relation between numbers of urediniospores of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and rates of occurrence of virulence. **Phytopathology**, v. 75, p. 749-750, 1985.

SCHWARTZ, H. F.; CORREA, F. J.; PENEDA, P. A.; OTOYA, M. M.; KATHERMAN, M. J. Dry bean yields losses caused by *Ascochyta*, angular and white leaf spots in Colombia. **Plant Disease**, St. Paul, v. 65, n. 6, p. 494-496, June, 1981.

SHII, C. T., MOK, M. C.; MOK, D. W. S. Developmental controls of morphological mutants of *Phaseolus vulgaris* L.: differential expression of mutant loci in plant organs. **Developmental Genetics**, v. 2, p. 279-290, 1981.

SHII, C. T.; MOK, M. C.; TEMPLE, S. R.; MOK, D. W. S. Expression of developmental abnormalities in hybrids of *Phaseolus vulgaris* L.: interaction between temperature and allelic dosage. **The Journal of Heredity**, Cary, v. 71, p. 218-222, 1980.

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, out., 2007.

SILVA, K. J. D. e; SOUZA, E. A. de; SARTORATO, A; FREIRE, C. N. de S. Pathogenic Variability of Isolates of *Pseudocercospora griseola*, the cause of common bean angular leaf spot, and its implications for resistance breeding. **Journal Phytopathology**, n. 156, p. 602-606, 2008.

SILVA, M. G. M.; SANTOS, J. B. dos; ABREU, A. de F. B. Seleção de famílias de feijoeiro resistente à antracnose e à mancha-angular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1499-1506, out. 2006.

SINGH, S. P.; TERÁN, H.; MUÑOZ, C. G.; TAKEGAMI, J. C. 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, B. M.; SHARMA, Y, R. Screening of fungicides to control angular and floury leaf spots of beans. **Indian Journal of Mycology and Plant Pathology**, Calcutta, v. 6, p. 148-151, 1976.

STENGLEIN, S.; PLOPER, L. D.; VIZGARRA, O.; BALATTI, P. Angular leaf spot: A disease caused by fungus *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris on *Phaseolus vulgaris* L. **Advances in Applied Microbiology**, London, v. 52, p. 209-243, 2003.

STENGLEIN, S. A.; FERMOSELLE, G. E.; BALLATI, P. A. Pathogenic and molecular studies of *Phaeoisariopsis griseola* in Argentina. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 48, p. 92-93, 2005.

SULLIVAN, J. G.; BLISS, F. A. Recurrent mass selection for increase seed yield and seed protein percentage in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using a selection index. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 1, p. 42-46, 1983.

TEIXEIRA, F.F.; SANTOS, J.B. dos; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; GUIMARÃES, C.T.; OLIVEIRA, A.C. de. QTL mapping for angular leaf spot in common bean using microsatellitemarkers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, n. 3, p.272-278, set., 2005.

VAN SCHOONHOVEN, A.; PASTOR-CORRALES, M.A. (Comps.). Standard system for evaluation of bean germplasm. Cali: CIAT, 1987. 54p.

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

VENCOVSKY, R. ; RAMALHO, M. A. P. . Contribuições do melhoramento genético no Brasil. In: Ernesto Paterniani. (Org.). **Ciência, agricultura e sociedade**. 1ª ed. Brasília (DF): Embrapa, 2006, v. , p. 41-74.

VIEIRA, C. **O feijão comum**: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa: UFV, 1967. 220 p

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

VIEIRA, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos. Crossing incompatibility in some bean cultivars utilized in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 1, p. 169-171, mar. 1989

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. de S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 301-392.

VOYSEST, O.; DESSERT, M. Bean cultivars: classes and commercial seed types. In: VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans: research for crop improvement. Commonwealth Agricultural Bureaux International**, Wallingford, United Kingdom, p. 119-162, 1991.

WANG, A.; VARGAS, E.; MORA, B. Evaluation of the resistance of French bean cultivars to angular leaf spots (*Isariopsis griseola* Sacc.) by three methods, and estimation of yield losses. **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, n. 10, p. 1180, Oct. 1985. Abstract.

YOUNG, R.A., KELLY, J.D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, v. 80, n. 6, p. 650-654, 1996.

ZAUMEYER, W. J.; THOMAS, H. R. A monographic study of bean diseases and methods for theirs control. **Bulletin Agricultural Experiment Station United States of America**, Washington, n. 869, p. 255, 1957.

ZIMMERMANN, M. J. O.; CARNEIRO, J. E. S.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P. A. A. Melhoramento genético e cultivares. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.223-273.

## ANEXOS

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Resumo das análises de variância para o caráter severidade de mancha angular (1-9) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.....	53
TABELA 2A	Resumo das análises de variância para o caráter produtividade de grãos (g/2m <sup>2</sup> ) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.....	53



TABELA 1A. Resumo das análises de variância para o caráter severidade de mancha angular (1-9) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.

Ciclo	Progênies <sup>1</sup>			Erro		Média Progênies	CV(%)
	GL <sup>2</sup>	QM	Prob	GL <sup>2</sup>	QM		
<b>I*</b>	221	3,287	0,000	196	1,479	3,946	30,72
<b>II*</b>	321	3,239	0,000	289	1,142	4,46	24,14
<b>III*</b>	193	1,116	0,000	169	0,407	3,32	19,13
<b>IV*</b>	286	1,329	0,000	256	0,391	3,80	16,38
<b>V*</b>	253	0,347	0,029	225	0,271	2,83	18,30
<b>VI</b>	78	1,046	0,061	64	0,719	1,32	62,42
<b>VII</b>	253	1,317	0,000	225	0,550	4,60	16,01
<b>VIII</b>	193	2,519	0,000	169	1,442	4,28	27,94

<sup>1</sup>não foram incluídas as testemunhas; <sup>2</sup>grau de liberdade associado à fonte de variação

\*Fonte: Amaro et al., 2006.

TABELA 2A. Resumo das análises de variância para o caráter produtividade de grãos (g\2m<sup>2</sup>) das progênies avaliadas em Lavras, do primeiro (C-I) ao oitavo (C-VIII) ciclo de seleção recorrente.

Ciclo	Progênies <sup>1</sup>			Erro		Média Progênies	CV(%)
	GL <sup>2</sup>	QM	Prob	GL <sup>2</sup>	QM		
<b>I*</b>	221	21242,272	0,000	196	12241,264	355,30	31,12
<b>II*</b>	321	37591,044	0,000	289	18957,720	528,30	26,10
<b>III*</b>	193	31157,292	0,000	169	13076,224	487,82	23,50
<b>IV*</b>	286	19232,308	0,000	256	11816,056	521,00	20,89
<b>V*</b>	253	31251,080	0,012	225	23229,396	515,04	29,66
<b>VI</b>	78	17911,8498	0,066	64	12431,8520	400,15	27,90
<b>VII</b>	253	33007,502	0,000	225	19153,924	662,06	21,09
<b>VIII</b>	193	29609,0762	0,000	169	15356,5260	404,94	30,68

<sup>1</sup>não foram incluídas as testemunhas; <sup>2</sup>grau de liberdade associado à fonte de variação

\*Fonte: Amaro et al., 2006.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)