



**LILIAN CRISTINA ANDRADE DE ARAÚJO**

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJOEIRO  
COM ESCURECIMENTO TARDIO DOS GRÃOS**

**LAVRAS – MG**

**2012**

**LILIAN CRISTINA ANDRADE DE ARAÚJO**

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEJJOEIRO COM ESCURECIMENTO  
TARDIO DOS GRÃOS**

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

Orientador

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

**LAVRAS – MG**

**2012**

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

Araújo, Lilian Cristina Andrade de.

Seleção de linhagens de feijoeiro com escurecimento tardio dos  
grãos / Lilian Cristina Andrade de Araújo. – Lavras : UFLA, 2012.  
66 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.  
Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.  
Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Genética quantitativa. 3. Qualidade.  
4. Melhoramento genético de plantas. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 631.523

**LILIAN CRISTINA ANDRADE DE ARAÚJO**

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJOEIRO COM ESCURECIMENTO  
TARDIO DOS GRÃOS**

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

APROVADA em 17 de fevereiro de 2012.

Dr. João Bosco dos Santos                      UFLA

Dr. Adriano Teodoro Bruzi                      UFLA

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2012**

*A Deus,*  
OFEREÇO

*Às minhas bases: meus pais, Osvaldo e Maria.*  
*Aos meus amores: Maria Abadia, Lázaro Novato, Leticia e Cícero.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, minha fonte de equilíbrio;

Aos meus pais, Osvaldo Martins de Araújo e Maria das Graças Andrade de Araújo, pelos esforços que me auxiliaram a conseguir esta formação e pelo amor incondicional;

À minha irmã Letícia Andrade de Araújo, pelo incentivo e torcida constantes;

Aos meus avôs maternos, Maria Abadia de Andrade e Lázaro Novato de Andrade (*in memorian*), pelos cuidados e amor;

Aos meus avôs paternos, Antônio Martins de Araújo (*in memorian*) e Maria Terezinha de Araújo, que mesmo distantes estiveram sempre presentes;

Ao Cícero Monti Teixeira, pelo companheirismo, apoio e dedicação;

Aos meus familiares e amigos pelo positivismo;

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, por todas as oportunidades oferecidas na minha pós-graduação;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de estudos concedida;

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho pela orientação e pelo admirável comprometimento para com a formação de recursos humanos em melhoramento de plantas;

À minha coorientadora Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelo exemplo de profissionalismo;

Aos professores César Brasil, João Bosco, José Airton, Édila, João Cândido pelos ensinamentos durante minha pós-graduação;

Ao Departamento de Química, da UFLA, em especial à Professora Celeste Maria Patto de Abreu, à funcionária Xulita, e à doutoranda Rafaella

Lima, pelo apoio em minhas análises laboratoriais;

Ao Departamento de Ciências dos Alimentos, da UFLA, em especial à Professora Joelma Pereira;

Aos colegas do Programa de Melhoramento do Feijoeiro, pela ajuda nos experimentos, em especial a Mônica Christina e Marques Donça;

Aos amigos conquistados em minha estada em Lavras, em especial ao Paulo Roberto, Aline Lago, Thayssa Vilela, Izabela Rocha, Danuza, Scheila Roberta e Eva Maria pela amizade e ensinamentos de vida compartilhados;

Aos funcionários do Departamento de Biologia, Lindolfo, Léo, Raimundo, Ironcina, Du, Zélia, Rafaela e Heloísa pela disposição oferecida;

Aos funcionários da Fazenda Experimental Sertãozinho, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, pela condução do experimento em Patos de Minas;

Aos componentes da banca Dr. João Bosco dos Santos e Dr. Adriano Teodoro Bruzi pelas sugestões para o aprimoramento desta dissertação;

Às oportunidades anteriores, que me impulsionaram para esta caminhada, oferecidas, em especial pela Professora Maria Alice Bonilha, Professor Cláudio Lopes de Souza Júnior e Dr<sup>a</sup>. Maria Eugênia Lisei de Sá;

Às Faculdades Associadas de Uberaba pela formação profissional inicial;

À Família Carvalho, em especial a Gislei, Luis Carlos e ao Gu, pela gentil acolhida, fica aqui minha eterna gratidão;

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram e torceram pela conclusão desta etapa.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

Para facilitar a comercialização das cultivares de feijão carioca, estas devem possuir a cor creme dos grãos o mais claro possível. Também é desejável que os grãos permaneçam claros por longo tempo. Ao que tudo indica, existe variabilidade genética para esse caráter. Objetivou-se com este trabalho obter informações a respeito do controle genético do caráter, com ênfase na estimativa da herdabilidade para o escurecimento tardio de grãos; verificar se ela varia com o número de dias após a colheita; estimar as correlações genéticas e fenotípicas do escurecimento tardio com o tempo de cozimento, teor de tanino e produtividade de grãos e; verificar se a expressão do caráter varia entre locais e/ou safras. Para obter essas informações, foram avaliadas as progênies  $F_{2.3}$  e  $F_{2.4}$  do cruzamento da cultivar BRSMG-Madrepérola (escurecimento tardio) e a linhagem RP-2 (escurecimento precoce). Cem progênies foram avaliadas a campo na safra da seca/2011 (geração  $F_{2.3}$  em Lavras) e inverno/2011 (geração  $F_{2.4}$  em Lavras e Patos de Minas). Nesses experimentos foi obtida a produtividade de grãos. Uma amostra dos grãos das progênies  $F_{2.3}$  e  $F_{2.4}$ , após colhidos, foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes. Em seguida foram armazenadas em uma sala sem luminosidade. Essas progênies foram avaliadas para o caráter escurecimento de grãos por meio de escala de notas que varia de 1 a 5, sendo 1 para grãos claros e 5 para grãos escuros, por dois avaliadores. As avaliações foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a colheita (DAC) para as progênies  $F_{2.3}$  e aos 30 e 60 DAC para as progênies  $F_{2.4}$ . Os grãos de 20 progênies  $F_{2.3}$ , selecionadas aos 30 DAC (sendo 10 progênies com maior e igual número com menor média na avaliação do escurecimento dos grãos), foram também avaliados com relação ao teor de tanino e ao tempo de cozimento. Constatou-se que, em função das estimativas de herdabilidade obtidas, o caráter escurecimento tardio é de fácil seleção. Embora a estimativa de herdabilidade para as notas de escurecimento tenha tendência de aumentar com o tempo de armazenagem dos grãos, não foi constatada interação progênies x época de avaliação. A seleção para o escurecimento tardio pode ser realizada a partir dos 30 DAC. Os grãos com escurecimento tardio possuem menor teor de tanino e exigem menor tempo de cocção. Já para produtividade de grãos, a correlação genética foi praticamente nula, inferindo, que a seleção para o escurecimento tardio pode ser realizada a partir da geração  $F_{2.3}$ , sem reflexo no sucesso da seleção para a produtividade de grãos em futuras gerações. As notas de escurecimento são influenciadas pelo ambiente/safra e geração, contudo a interação progênies x ambientes e progênies x gerações é predominantemente simples, não alterando de modo expressivo a classificação das progênies.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Melhoramento Genético de Plantas. Genética Quantitativa. Qualidade de grãos.



## ABSTRACT

To facilitate marketing of carioca common bean cultivars, the cream color of the grains must be as light as possible. The grains must also retain their light color for a long time. Apparently, there is genetic variability for this trait. The purpose of this study was to obtain information regarding genetic control of this trait, with an emphasis on estimating heritability of the grain seed coat darkening trait; verifying if this varies with the number of days after harvest; estimating genetic and phenotypic correlations of the late darkening trait with cooking time, tannin concentration and grain yield; and verifying if expression of the trait varies among environments and/or growing seasons. F<sub>2:3</sub> and F<sub>2:4</sub> progenies were obtained from crossing the cultivar BRSMG-Madrepérola (late darkening) and the RP-2 strain (early seed coat darkening). One hundred progenies were evaluated in the field for the dry growing season /2011 (F<sub>2:3</sub> generation in Lavras) and winter growing season/2011 (F<sub>2:4</sub> generation in Lavras and Patos de Minas). Grain yield was obtained in these experiments. After harvest, a grain sample of the F<sub>2:3</sub> and F<sub>2:4</sub> progenies were packed in transparent plastic bags. They were then stored in a dark room. These progenies were evaluated for the grain seed coat darkening trait based on a 1 to 5 scale, 1 being late darkening and 5 early darkening, by two researchers. Evaluations were performed at 30, 60 and 90 days after harvest for the F<sub>2:3</sub> progenies; and 30 and 60 days after harvest for the F<sub>2:4</sub> progenies. The grains of 20 F<sub>2:3</sub> progenies selected 30 days after harvest (10 progenies with the highest mean score for darkening and 10 progenies with the lowest mean score) were also evaluated in relation to tannin concentration and cooking time. Based on heritability estimates, it can be inferred that late darkening is easily selected. Although the estimates of heritability for the darkening score tend to increase with grain storage time, there was no interaction for progenies x evaluation time period. Screening for the late darkening trait can be performed as of 30 days after harvest. Grains with late darkening have lower tannin concentration and require less cooking time. Genetic correlation between grain yield and grain darkening, however, was practically zero, implying that selection for late darkening can be performed as of the F<sub>2:3</sub> generation with no effect on the success of selection for grain yield in future generations. Darkening scores are influenced by the environments/growing seasons and generations; but the interaction progenies x environments and progenies x generations is predominantly simple and does not significantly change classification of the progenies.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Plant Breeding. Quantitative Genetics. Grain quality.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	Feijão como alimento.....	12
2.2	As exigências dos consumidores de feijão no Brasil.....	14
2.3	Escurecimento precoce dos grãos.....	17
2.4	Controle genético de caracteres do feijoeiro.....	19
3	Material e métodos.....	23
3.1	Local.....	23
3.2	Linhagens utilizadas .....	23
3.3	Obtenção de progênies.....	24
3.4	Avaliação de progênies .....	24
3.5	Análise dos dados.....	28
3.6	Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos .....	30
3.7	Índice da soma das variáveis padronizadas ( $\Sigma Z$ ) .....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICES .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

A maior parte do feijão cultivado no Brasil é do tipo carioca, isto é, com grãos de cor bege com rajadas marrons. A cultivar original foi obtida em 1969 (ALMEIDA; LEITÃO FILHO; MIYASAKA, 1971). Desde então, o trabalho dos melhoristas de feijão concentrou-se nesse tipo de grãos, e inúmeras outras cultivares foram obtidas (MATOS; RAMALHO; ABREU, 2007). Nos trabalhos de melhoramento, além da produtividade de grãos, maior estabilidade de produção e resistência aos patógenos, as qualidades culinárias têm recebido grande atenção (LONDERO et al., 2005; PAULA; RAMALHO; ABREU, 2004; CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

Entre as características associadas às qualidades culinárias do feijão carioca, a cor creme, o mais claro possível, é altamente desejável. Isso porque foi constatado que os grãos recém colhidos têm cozimento mais rápido, e que com o envelhecimento dos grãos, esses se tornam mais escuros e de difícil cocção. Assim, o mercado exige feijões o mais claro possível (JACINTO-HERNÁNDEZ et al., 2011). Algumas estratégias ambientais são recomendadas visando manter a cor clara dos grãos, tais como colheita mais precoce e não secagem dos grãos a pleno sol por longo tempo (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2002; PARK; MAGA, 1999). Recentemente foi identificada uma cultivar que tem a cor dos grãos carioca bem claro e, adicionalmente, mantém esse fenótipo por algum tempo, ou seja, mesmo decorrido alguns meses de colheita, os grãos permanecem claros, o que acarreta maior valor comercial (SILVA et al., 2008).

Dada a importância desse caráter para o agronegócio, procurou-se obter informações a respeito do controle genético deste caráter (SILVA et al., 2008). Contudo, ainda há escassez de informações a respeito do mesmo, tais como se a herdabilidade altera com o tempo de armazenamento e se o ambiente (locais e

anos) afeta a expressão do caráter. Enfim, faltam informações que orientem os melhoristas na seleção para esse caráter.

Do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de estimar a herdabilidade para o caráter escurecimento tardio de grãos; verificar se esta estimativa varia com o número de dias após a colheita; elucidar se a expressão do caráter varia entre locais e/ou safras e; estimar a associação entre a produtividade de grãos, o tempo de cozimento dos grãos e o teor de tanino com as notas de escurecimento dos grãos das progênes avaliadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Feijão como alimento

Na alimentação dos brasileiros, o feijão representa a principal fonte de proteína, seguido, em importância, pela carne bovina e pelo arroz. Apenas esses três alimentos básicos contribuem com 70% da ingestão proteica (MACHADO; FERRUZZI; NIELSEN, 2008). A importância alimentar do feijão deve-se, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal (MESQUITA et al., 2007; CARNEIRO; PARRÉ, 2005).

Quanto ao valor nutritivo, o feijão, além de fonte proteica, tem teor de ferro semelhante à carne bovina (BENNETT, 2002). Apresenta baixo teor de gordura e sódio e não contém colesterol. Destaca-se ainda pelo teor de fibras, folatos, complexo de carboidratos, vitaminas do complexo B e minerais – potássio, fósforo, cálcio, cobre, zinco e magnésio (BEAVER; OSORNO, 2009). Sua composição está associada à capacidade terapêutica do feijão.

O ferro é essencial para prevenir a anemia e atua em muitos processos metabólicos. A deficiência desse mineral no organismo humano é um problema grave de saúde pública no mundo, que afeta milhões de pessoas (BLACK, 2003).

Sabe-se que o cálcio é especialmente recomendado para pessoas que não ingerem produtos lácteos, além de estar relacionado à prevenção de doenças ósseas como osteoporose (PENNINGTON, 1998).

Outros minerais importantes, como fósforo, potássio, magnésio, cobre e zinco também são essenciais no fortalecimento dos ossos. É conhecido também que fósforo e potássio estão associados à regulação de pressão alta (BENNETT, 2002; PENNINGTON, 1998).

A deficiência de zinco no organismo humano pode causar atraso no crescimento e na maturação sexual, hipogonadismo, hipospermia, alopecia, lesões de pele, retardo na cicatrização de feridas, imunodeficiências, distúrbios comportamentais, cegueira noturna e perda de apetite (COZZOLINO, 2007).

Destaque deve ser dado aos folatos, já que sua deficiência está relacionada a defeitos no tubo neural de fetos durante a gestação, doenças cardíacas, certas formas de tumores e mal de Alzheimer's (SCOTT; REBEILLE; FLETCHER, 2000).

As fibras encontradas no feijão, que são em grande parte insolúveis em água, podem ajudar a prevenir doenças, como o câncer de cólon, diverticulose e outros problemas intestinais. As fibras, que são solúveis em água, podem ajudar a reduzir o colesterol do sangue e o risco de doenças do coração em, aproximadamente, 20% (BENNINK, 2010).

As propriedades anticancerígenas do feijão ainda não são bem conhecidas, mas um mecanismo potencial pelo qual feijões podem inibir o câncer é observado na regulação de insulina no sangue e prevenindo o aumento dos níveis de glicose que promovem câncer de cólon. O feijão também possui efeitos terapêuticos que ajudam na prevenção de câncer de pulmão e de mama, na melhoria da fertilidade, além de atenuar hemorragias (AVILA, 2011).

O consumo de feijão produz menos glicose no sangue e concentrações de insulina, comparado a outros tipos de carboidratos, promovendo uma diminuição da ingestão de calorias, redução do colesterol ruim, colaborando para manter o equilíbrio físico e mental. O uso do feijão como substituto dos produtos industrializados a partir de farinha branca tem como vantagem a redução do índice glicêmico da dieta por cerca de dois terços e da carga glicêmica em 80% (BENNINK, 2010; FOSTER-POWELL; MILLER, 2002).

Em estudos recentes, observou-se que suplementação na alimentação de crianças e adolescentes infectados pelo vírus HIV (Vírus da Imunodeficiência

Humana), causador da doença conhecida como AIDS (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida), com feijão e sorgo, promoveu uma melhoria do sistema imunológico. Esses estudos mostram a importância da inserção de feijão na dieta de pacientes que estejam infectados com o vírus HIV (BENNINK, 2010). Esta vantagem terapêutica se deve à existência de peptídeos antivirótico que inibem a ação da transcriptase reversa, uma das enzimas chaves para a replicação viral (BEAVER; OSORNO, 2009).

Comenta-se que no caso da população dos Estados Unidos, se houver aumento no consumo de feijão, associado à redução no peso corporal, a incidência de diabetes tipo II deve sofrer redução expressiva. Também haveria benefício com relação à redução das doenças cardíacas e regulação da pressão arterial. O benefício à saúde pública seria enorme nesse país (BENNINK, 2010).

Um constituinte químico presente nos grãos do feijão, e de particular importância nesse trabalho são os compostos fenólicos. Apesar de sua propriedade benéfica como antioxidante, existem relatos sobre a influência negativa destes compostos sobre a digestão e absorção de nutrientes (ROBBINS, 2003; HOSFIELD, 2001; SILVA; SILVA, 1999).

## **2.2 As exigências dos consumidores de feijão no Brasil**

O consumidor de feijão no Brasil tem inúmeras exigências no que se refere à cor, brilho, cor do halo, formato e peso dos grãos. Adicionalmente, há enorme exigência com relação ao tempo de cozimento dos grãos.

Com relação à cor, a exigência do mercado brasileiro de feijão varia com a região. O feijão preto, que corresponde a 17,6% do feijão consumido no país, é popular na região Sul, estado do Rio de Janeiro e Minas Gerais, em especial na região da Zona da Mata. No nordeste a preferência é por feijão do grupo mulatinho. Os feijões dos tipos roxo, vermelho, enxofre e manteigão são

restritos a determinadas regiões. Como exemplo, pode-se citar o roxo, para Goiás e algumas regiões de Minas Gerais; o rosinha é mais popular na região norte do Brasil (Pará e Acre), Minas Gerais e Goiás (BORÉM; CARNEIRO, 2006; RAMALHO; ABREU, 2006). Contudo, a preferência é por grãos tipo carioca, que corresponde a 71,7% do consumo, o qual receberá maior atenção nesta revisão.

O feijão carioca original foi encontrado por um agricultor, na cidade de Palmital, no estado de São Paulo. Posteriormente, foi enviado ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e, após algumas avaliações, foi recomendado como cultivar em 1969 (ALMEIDA; LEITÃO FILHO; MIYASAKA, 1971). No início sua aceitação foi lenta, contudo, após 1975, disseminou-se por todo o país (RAMALHO; ABREU, 2006).

Os grãos de feijão tipo carioca caracterizam-se por apresentarem grãos beges com rajas marrons e massa de 100 grãos variando de 19g a 28g. Atualmente existem inúmeras linhagens e/ou cultivares do tipo carioca no mercado, que diferem, principalmente, com relação à tonalidade da cor creme do tegumento (RAMALHO; ABREU; CARNEIRO, 2004). Contudo, a aceitação de algumas linhagens foi pequena, inclusive algumas cultivares cariocas já saíram do mercado, porque detalhes de cor e tamanho do grão restringiram sua comercialização (RAMALHO; ABREU, 2008).

Quanto ao brilho, a preferência é por feijões de tegumento opaco. Segundo Ramalho, Abreu e Carneiro (2004) o brilho da semente está associado à má qualidade, especialmente em relação à demora no cozimento. Bushey; Hosfield e Owens (2002) em trabalho realizado, concluíram que sementes de tegumento com brilho absorvem água numa taxa mais lenta. Ou seja, a espessura e a uniformidade de deposição de uma camada de cera, no caso a lignina (substância orgânica de natureza complexa), na superfície do tegumento, especificamente na parede celular partindo da lamela média, influenciam na



capacidade de absorção de água pelas cultivares, o que foi comprovado por meio de microscopia eletrônica de varredura (MENDONÇA, 2001).

Outro caráter associado à aceitação de uma nova cultivar é o tamanho dos grãos. A preferência é pelos grãos de tamanho médio, isto é, 100 grãos com massa de 23 a 25 gramas. Em relação ao formato, grãos que sejam achatados ou que apresentem a forma de rim normalmente são rejeitados. A preferência é pelo grão oblongo (RAMALHO; ABREU; CARNEIRO, 2004).

O tempo de cozimento é um caráter que tem recebido enorme atenção nos últimos anos por ser um parâmetro de qualidade de grande importância (CARBONNELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; COSTA; RAMALHO; ABREU, 2001). Com o decorrer do tempo, após a colheita, os grãos diminuem a absorção de água e conseqüentemente exigem mais tempo para o cozimento, assim, os feijões recém colhidos são sempre preferidos (LONDERO et al., 2005; COSTA; RAMALHO; ABREU, 2001). Essa exigência se deve, em particular, à entrada da mulher no mercado de trabalho, o que limitou o tempo destinado para o preparo das refeições (SILVA; SANTOS, 2004). Outro fator importante é a redução do uso de gás butano para preparo dos grãos, que em países em desenvolvimento, é escasso e caro (BEAVER; OSORNO, 2009).

A variação do tempo de cozimento e de absorção de água dos grãos de feijão tem sido correlacionada a componentes químicos (celulose, lignina, polifenol) e enzimáticos (polifenoloxidase e peroxidase) presentes no tegumento e nos cotilédones do grão (SANTORI, 1996).

O tempo de cocção é controlado por fatores genéticos e ambientais. Entre estes, podem-se destacar os climáticos; as condições de cultivo; o beneficiamento pós-colheita, como secagem dos grãos; tempo de armazenamento; e as condições de armazenamento como umidade e temperatura (CORTE et al., 2003; CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; BRACKMANN et al., 2002).

A ocorrência dos fenômenos “hardshell” (casca dura) e “hard-to-cook” (endurecimento dos cotilédones) podem influenciar a capacidade de absorção de água negativamente, afetando, conseqüentemente, a capacidade de cocção (ESTEVES et al., 2002; SCHOLZ, 2000).

No caso do feijão carioca, a presença ou a ausência de halo amarelo nos grãos também é fator limitante a aceitação de uma cultivar. Quando o alelo dominante do gene J está presente em uma linhagem, o tempo de cozimento dos seus grãos é grande. Este gene tem efeito pleiotrópico na cor do halo e na capacidade de absorção de água. Contudo, existem outros genes envolvidos na cor do halo que não afetam a qualidade dos grãos, o que indica que, nem sempre, a presença do halo amarelo é indicativa de que aquela cultivar seja ruim quanto ao cozimento (SOUZA, 2004; LEAKEY, 1988).

Com o envelhecimento do feijão, os grãos tendem ao escurecimento, ou seja, quanto mais escuro o feijão mais velho ele é. O que se procura são feijões do tipo carioca que possam permanecer claros por mais tempo e assim ter o aspecto de feijão recém-colhido por maior período. Nesse contexto, é preciso enfatizar também que essa cor no fundo do grão depende, em grande parte, do manejo durante a colheita. Assim, mesmo os grãos do cultivar Carioca original, se submetidos a uma excessiva seca na planta ou após colhidos, têm seu processo de escurecimento acentuado (RAMALHO; ABREU, 2008; RIOS; ABREU; CORRÊA, 2002). Este é o foco principal deste trabalho.

### **2.3 Escurecimento precoce dos grãos**

Outra exigência de mercado é a existência de grãos de tegumento claro persistente, já que se associam grãos escuros com grãos velhos e de difícil cozimento. Assim, a procura tem se concentrado, então, em feijões o mais claro possível e que este fenótipo seja persistente.

No armazenamento do feijão pode ocorrer deterioração gradual, irreversível e cumulativa, cuja velocidade e intensidade dependerão de diversos fatores (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2002). Um fator importante na determinação da qualidade do feijão é o prazo decorrido após a colheita do produto. As linhagens e/ou cultivares de feijão carioca diferem com relação ao tempo de escurecimento do tegumento. É sabido que, durante o envelhecimento, os grãos escurecem. Assim, todo feijão de fundo mais escuro é considerado feijão velho e de difícil cozimento. A preferência do consumidor brasileiro é pelo produto de colheita mais recente, já que a qualidade do feijão é afetada no decorrer do tempo de armazenamento. Essa perda de qualidade é manifestada pelo aumento no grau de dureza do feijão, na diminuição da germinação, no aumento de rachaduras, na ocorrência de pragas e fungos, além de mudanças no sabor e escurecimento do tegumento, causando aumento no tempo de cozimento (ESTEVES et al., 2002).

O escurecimento precoce depende do genótipo e do ambiente. Vários fatores ambientais afetam o escurecimento dos grãos de feijão durante o armazenamento, tais como a umidade, temperatura, luz e tipo de embalagem (PARK; MAGA, 1999).

A oxidação enzimática de compostos fenólicos pela peroxidase e polifenoloxidase resulta, reconhecidamente, no escurecimento dos tecidos vegetais (BORGES et al., 2005). Dentre os polifenóis de maior importância, os taninos merecem destaque. Existem variedades de feijões com quantidades diferentes de tanino, o qual pode afetar a qualidade dos feijões, resultando em escurecimento mais acelerado do grão de feijão (BLAIR; IRIARTE; BEGEE, 2006).

Vários trabalhos corroboram para a aceitação da relação de tanino (proantocianidina) com a característica escurecimento precoce de grãos de feijão. Uma avaliação de proantocianidinas e flavonoides em grãos de feijão,

usando ensaio de vanilina, mostrou que tegumentos que escurecem precocemente têm níveis significativamente mais elevados de tanino do que sementes que apresentavam escurecimento tardio, o que permite a conclusão de que a correlação positiva entre teor de tanino e escurecimento precoce de grãos de feijão pode ser uma alternativa viável para seleção indireta antecipada deste fenótipo (BENINGER et al., 2005).

Diferentes métodos de extração e quantificação destes compostos estão descritos na literatura (ANGELO; JORGE, 2007; CAPELO; MADURO; VILHENA, 2005; LUQUE-GARCIA; CASTRO, 2003; KOMPRDA et al., 1997).

Após a colheita, a respiração e outros processos metabólicos dos grãos continuam ativos, ocasionando, na maioria das vezes, perdas significativas de qualidade. Estes processos podem ser diminuídos e/ou retardados por meio da redução da umidade, que é a forma mais usada comercialmente para prolongamento do tempo de conservação (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003).

#### **2.4 Controle genético de caracteres do feijoeiro**

O estudo do controle genético é importante para futuros avanços em programas de melhoramento genético. Nesta revisão, serão apresentados alguns comentários do controle genético da cor dos grãos, do tempo de escurecimento dos grãos e produtividade de grãos.

Quanto à cor dos grãos, os genes são classificados em quatro grupos: fundamentais ou básicos, complementares ou de coloração, modificadores e genes de coloração parcial (BASSET, 2004).

No caso dos grãos cariocas já foram identificados pelo menos 18 genes envolvidos no caráter cor de grãos, o que evidencia a dificuldade de obter linhagens de grãos, cuja cor atenda aos anseios dos consumidores (RAMALHO; ABREU; CARNEIRO, 2004).

Com relação ao escurecimento precoce dos grãos carioca, estudos sobre o controle genético são recentes. No programa de melhoramento genético da UFV (Universidade Federal de Viçosa) foi identificada uma linhagem (VC-3) que mesmo após alguns meses de armazenamento apresentava os grãos com escurecimento tardio (CARNEIRO et al., 2011).

Para estudar o controle genético do caráter escurecimento de grãos, em trabalho realizado pela Universidade Federal de Lavras, foi realizado o cruzamento entre dois genitores contrastantes quanto ao tempo de escurecimento: a linhagem VC-3 e a cultivar Majestoso. Foram avaliadas as gerações  $F_2$  e  $F_{2.3}$ . Os grãos das plantas dessas gerações foram colhidos e após secos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes e armazenados em local com controle de umidade e temperatura. O caráter escurecimento de grãos foi avaliado por meio de uma escala de notas que varia de 1 a 5, sendo 1 para grãos claros e 5 para grãos escuros. As avaliações foram realizadas com 30, 60 e 90 dias após a colheita. Com segregação obtida, considerando como sendo de escurecimento tardio os grãos das plantas  $F_2$  que receberam notas inferiores a 1,5, constatou-se que o caráter é controlado por um gene com dominância do alelo que condiciona escurecimento precoce. Constatou-se também que a herdabilidade do caráter foi alta e aumentou com o tempo de armazenamento. Utilizando uma amostra de grãos aos 90 dias após a colheita da geração  $F_{2.3}$  com escurecimento mais precoce ou mais tardio, observou-se que o escurecimento precoce correlacionou-se positivamente com o teor do composto fenólico tanino (SILVA et al., 2008).

Já em estudo sobre o controle genético há relatos de que o gene *Rk* pode afetar a quantidade e o tipo de taninos produzidos no tegumento (HOSFIELD, 2001).

Procurando estudar o controle genético do escurecimento de grãos de feijão pinto também houve constatação de que está envolvido um gene com

dominância do alelo que condiciona escurecimento precoce (JUNK-KNIEVEL; VANDERBERG; BETT, 2007).

Também se procurou identificar marcas moleculares de DNA associado ao escurecimento precoce dos grãos. Foram encontrados três marcadores microssatélites que se mostraram estreitamente ligados ao QTL responsável pelo escurecimento precoce dos grãos. O marcador PVM02TC116 cossegregou com o QTL em questão, e os marcadores PVESTBR-98 (2,00 cM) e PV176 (12,24 cM) flanqueiam essa região, o que sugere elevada eficiência para possível uso na seleção assistida por marcadores moleculares (COUTO et al., 2010).

Independente da finalidade de um programa específico no processo de obtenção de novas cultivares, o incremento da capacidade produtiva de grãos é sempre relevante. Vários trabalhos relativos ao controle genético da produtividade de grãos informam que se trata de um caráter quantitativo, muito influenciado pelo efeito ambiental.

Um dos parâmetros mais importantes no estudo do controle genético é a herdabilidade ( $h^2$ ). A  $h^2$  é a proporção da variância genética presente na variância total. Portanto, ela estima a confiabilidade do valor fenotípico como indicador de valor reprodutivo (LANA; CARDOSO; CRUZ, 2003).

A  $h^2$  é frequentemente utilizada nas expressões relacionadas com a predição de ganho durante a condução do programa de melhoramento. As estimativas  $h^2$  ajudam os melhoristas, nas decisões que tomam frequentemente. A  $h^2$  pode ser expressa no sentido amplo ( $h_a^2$ ) ou restrito ( $h_r^2$ ). No primeiro caso, o numerador da expressão envolve apenas a parte da variância genética, já no segundo caso, o numerador da expressão envolve a variância genética aditiva, sendo este último caso, a estimativa usada na seleção. Observa-se que tanto as estimativas de  $h_a^2$  como  $h_r^2$  variam amplamente. Na literatura encontram-se estimativas de  $h_a^2$  variando de 10,6% a 88%, e estimativas de  $h_r^2$  variando de

4% a 60 %. Herdabilidade de baixa magnitude indicam baixos ganhos com seleção (RAMALHO et al., 2012).

Outra estimativa importante é da herdabilidade realizada ( $h_R^2$ ), ou seja, é a herdabilidade efetivamente concretizada após a seleção (RAMALHO et al., 2012). Quando as mesmas progênies nas gerações  $F_i$  e  $F_j$  são avaliadas, a  $h_R^2$  é

obtida pelo estimador  $h_R^2 = \frac{GS/m_j}{ds/m_i}$ , em que:

$GS$ : ganho com a seleção na geração  $j$ , pela seleção efetuada na geração  $i$ ;

$m_i$ : média geral do caráter na geração  $i$ ;

$ds$ : diferencial de seleção dos indivíduos e/ou progênies na geração  $i$ . O  $ds$  é estimado por  $ds = m_{is} - m_i$ , em que  $m_{is}$  é a média das progênies selecionadas na geração  $i$ ;

$m_j$ : média geral do caráter na geração  $j$ .

As estimativas de  $h_R^2$  são frequentemente inferiores a  $h^2$ , devido ao efeito da interação progênies x ambientes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

Os experimentos de campo foram conduzidos em área experimental do Departamento de Biologia, no Setor de Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, situada a 918 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste e na Fazenda Experimental Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Patos de Minas, a 815 metros de altitude, 18°34' de latitude Sul e 46°31' de longitude Oeste.

#### **3.2 Linhagens utilizadas**

Foi utilizada a população do cruzamento entre a cultivar BRSMG-Madrepérola e a linhagem RP-2.

A cultivar BRSMG-Madrepérola é oriunda do Programa de Melhoramento do Feijoeiro conjunto da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). É proveniente do cruzamento entre as linhagens AN 512666-0 e AN 730031. Apresenta grão tipo carioca com fundo creme bem claro e persistente por longo período. As plantas provenientes dessa linhagem apresentam hábito de crescimento tipo III.

A linhagem RP-2 é proveniente do Programa de Melhoramento Genético de Plantas Eretas da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Apresenta grão tipo carioca com fundo creme com escurecimento precoce e possui porte ereto tipo II.



### 3.3 Obtenção de progênies

A hibridação para obtenção das sementes  $F_1$  foi realizada em casa de vegetação do Departamento de Biologia da UFLA, em abril de 2010. As sementes da geração  $F_1$  foram semeadas a campo em julho de 2010 para obtenção das sementes-embrião e cotilédones  $F_2$ . Esta população foi avançada em “bulk” em novembro de 2010 para obtenção das progênies  $F_{2,3}$ .

### 3.4 Avaliação de progênies

As 100 progênies da geração  $F_{2,3}$  foram avaliadas na safra “da seca”, com semeadura em fevereiro de 2011, em Lavras - MG. Foi utilizado o delineamento experimental látice simples 10 x 10, com parcelas de uma linha de 2 m espaçadas de 0,50 m. O manejo da cultura foi o normalmente adotado na região.

Os caracteres avaliados foram os seguintes:

- a) produtividade de grãos: A produtividade de grãos foi obtida em  $\text{gramas.parcela}^{-1}$ . Parte das sementes colhidas foram utilizadas para a avaliação das progênies  $F_{2,4}$  e o restante utilizada para a avaliação do escurecimento de grãos, quantificação do teor de tanino e avaliação do tempo de cocção das progênies;
- b) nota do escurecimento dos grãos: Após a colheita, os grãos foram submetidos à secagem a pleno sol, por 6 horas, visando à homogeneização da umidade dos grãos. Após a trilha, os grãos foram acondicionados em embalagem plástica transparente, com capacidade aproximada de 100g e colocados em ambiente com ausência de luz. Aos 30, 60 e 90 dias após a colheita (DAC) para  $F_{2,3}$

ocorreu a avaliação do escurecimento dos grãos por meio de uma escala de notas variando de 1 a 5, sendo 1 a cor de fundo de grão muito clara, 2 mediamente claro, 3 claro, 4 mediamente escuro e 5 muito escuro (Figura 1). As notas foram atribuídas por dois avaliadores. A avaliação da nota do escurecimento do tegumento dos grãos foi realizada utilizando-se duas repetições no delineamento inteiramente casualizado.



Figura 1 Escala de notas utilizada na avaliação do escurecimento das plantas ou progênies de feijão

Fonte: SILVA (2007)

- c) tempo de cozimento: Após as análises de notas de escurecimento de grãos aos 30 DAC, selecionou-se 20 progênies para avaliação do tempo de cozimento, sendo 10 com maior e, igual número, com menor média na avaliação da mesma característica. Utilizou-se o equipamento Matson JAB-77 tipo minor, por meio de 2 amostras de 25 sementes por progênie. Inicialmente, cada parcela, representada por 25 grãos de cada linhagem, foi colocada individualmente para embeber em recipientes contendo 100 mL de água destilada, por 16 horas, antes de iniciar o teste de cozimento. O cozedor experimental possui 25 pinos e esses foram colocados sobre os grãos

individualmente em uma cavidade do aparelho. Cada pino exerce uma pressão sobre o grão simulando, dessa forma, a pressão exercida pela dona de casa com os dedos para verificar se o cozimento ocorreu ou não. Colocou-se o cozedor, já preparado com os grãos, em um recipiente de alumínio contendo 1000 mL de água em ebulição. À medida que ocorre o cozimento, os pinos perfuram os grãos. Com a queda do 13º pino é anotado o tempo de cozimento (ROMANO et al., 2005). As análises foram desenvolvidas no Departamento de Ciências dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

- d) teor de tanino: Utilizaram-se 20 progênies para avaliação, as mesmas utilizadas para a análise do tempo de cocção. O método utilizado foi a descrita por Marinova, Ribarova e Atanassova (2005) modificada. Para extração do tanino foi utilizado 0,5 g de farinha de feijão cru, com adição de 20 mL de metanol 80% por 20 minutos em limpador ultrassônico. Após, a amostra foi filtrada e acrescido mais 30 mL de metanol 80% que foi levada novamente ao limpador ultrassônico por mais 20 minutos. Em seguida, procedeu-se o início da quantificação do teor de tanino. A curva padrão foi realizada com ácido tânico. Pipetou-se alíquotas de 20, 40, 80, 120, 160 e 200  $\mu\text{L}$  de uma solução de 0,1  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  de ácido tânico para realização da curva padrão. Para cada amostra foram pipetadas alíquotas de 240  $\mu\text{L}$ , aos quais foram adicionados 1,46 mL de água destilada, 200  $\mu\text{L}$  da solução de carbonato de sódio saturada e 100  $\mu\text{L}$  do reagente Folin-Denis. Passados 30 minutos, para reação do tanino com o reagente de Folin-Denis, a leitura da absorvância foi registrada em espectrofotômetro, utilizando-se comprimento de onda de 760 nanômetros. Na análise do teor de tanino, para conversão dos valores obtidos da absorvância

para  $\text{mg.100g}^{-1}$  utilizou-se a equação obtida a partir da curva padrão de ácido tânico (Gráfico 1) que foi de:  $y = 35,291x + 0,0261$ , com coeficiente de determinação de 0,9987. Com essa equação foi possível obter as estimativas de teor de tanino presente nos grãos dos genótipos de feijão em estudo. As análises foram realizadas em duplicata. As análises químicas foram desenvolvidas no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química (DQI).

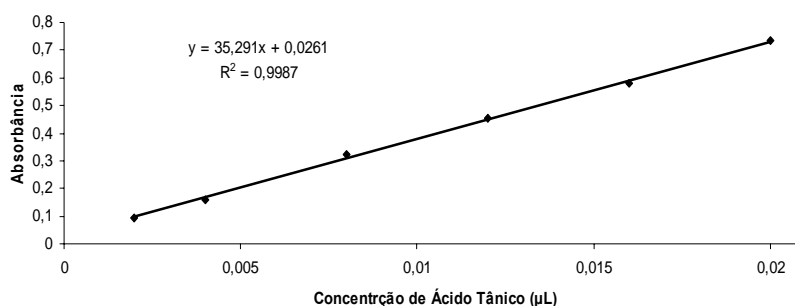


Gráfico 1 Curva padrão de ácido tânico para posterior conversão em  $\text{mg.100g}^{-1}$  de tanino em análise de progênies  $F_{2:3}$

As 100 progênies da geração  $F_{2:4}$  foram avaliadas na safra “de inverno”, com semeadura em julho de 2011, em Lavras – MG e Patos de Minas - MG. Foi utilizado o delineamento experimental látice simples 10 x 10, com parcelas de duas linhas de 2 m espaçadas de 0,50 m. Foram avaliados os caracteres: produtividade de grãos e nota do escurecimento dos grãos aos 30 e 60 DAC, à semelhança do que foi descrito anteriormente para a geração  $F_{2:3}$ .

### 3.5 Análise dos dados

Os dados da produtividade foram submetidos à análise de variância por geração e posteriormente conjunta de gerações ou locais utilizando as médias por ambientes. Na análise conjunta foi considerado os efeitos de média, gerações ou locais como fixo, e os demais como aleatórios. Adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = m + p_i + s_k + (ps)_{ik} + e_{ik}$$

em que:

$Y_{ik}$ : valor observado da média ajustada da progênie  $i$ , na geração/local  $k$ ;

$m$ : média geral do experimento;

$p_i$ : efeito da progênie  $i$ , sendo  $i=1,2,\dots,100$ ;

$s_k$ : efeito da geração/local  $k$ ;

$(ps)_{ik}$ : efeito da interação da progênie  $i$  e geração/local  $k$ ;

$e_{ik}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ik}$ , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância  $\sigma^2$ .

A análise de variância das notas de escurecimento de grãos, média dos dois avaliadores, foi efetuada inicialmente por geração, considerando as diferentes épocas, como efeito fixo, utilizando o seguinte modelo (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997):

$$Y_{ij} = m + a_j + e_{1j} + t_i + (ta)_{ij} + e_{2ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : é o valor observado da progênie  $i$ , na época  $j$ ;

$m$ : efeito da média geral do experimento;

$a_j$ : é o efeito da época de avaliação  $j$ , sendo  $j= 1,2,3$  para a geração  $F_{2,3}$  e  $j= 1,2$  para a geração  $F_{2,4}$ ;

$e_{1j}$ : efeito do erro experimental associado à época de avaliação;

$t_i$ : efeito da progênie  $i$ , sendo  $i = 1,2,\dots,100$ ;

$(ta)_{ij}$ : efeito da interação entre a progênie  $i$  e época de avaliação/safra  $j$ ;

$e_{2ij}$ : efeito do erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ , assumindo-se os erros independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma^2$ .

Já para a análise conjunta das notas de escurecimento dos grãos de feijão, considerando as análises aos 30 e 60 DAC, envolvendo as gerações  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ , ou os locais (ambientes) na geração  $F_{2,4}$ , como efeito fixo, foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = m + a_j + e_{1j} + t_i + (ta)_{ij} + l_k + (la)_{jk} + (lt)_{ki} + (lat)_{ijk} + e_{2ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$ : é o valor observado da progênie  $i$ , na época  $j$ , e ambiente  $k$ ;

$m$ : efeito da média geral do experimento;

$a_j$ : é o efeito da época de avaliação  $j$ , sendo  $j= 1,2$ ;

$e_{1j}$ : efeito do erro experimental associado ao efeito da época;

$t_i$ : efeito da progênie  $i$ , sendo  $i = 1,2,\dots,100$ ;

$(ta)_{ij}$ : efeito da interação entre a progênie  $i$  e época de avaliação/safra  $j$ ;

$l_k$ : efeito do local de avaliação/geração  $k$ ;

$(la)_{jk}$ : efeito da interação entre local de avaliação/geração  $k$  e época de avaliação  $j$ ;

$(lt)_{ki}$ : efeito da interação entre local de avaliação/geração  $k$  e progênie  $i$ ;

$(lat)_{ijk}$ : efeito da interação entre local de avaliação/geração  $k$ , época de avaliação  $j$  e progênie  $i$ ;

$e_{2ijk}$ : efeito aleatório do erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ , assumindo-se os erros independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma^2$ .

As análises individuais, conjuntas e as estimativas das correlações fenotípicas e genotípicas para os caracteres avaliados foram realizadas utilizando-se o programa computacional MSTAT-C (1991). As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974).

Como já mencionado, para os caracteres tempo de cozimento e teor de tanino, foram avaliadas 20 progênies, selecionadas na safra da seca/2011, aos 30, 60 e 90 DAC. Como as progênies para estas análises não foram escolhidas aleatoriamente, o efeito de progênie é considerado fixo. A avaliação dos dois caracteres foi realizada utilizando-se duas repetições no delineamento inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância.

### 3.6 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos

A partir das esperanças dos quadrados médios foram estimados os parâmetros:

a) Herdabilidade ( $h^2$ ):

i)  $h^2_k$  – herdabilidade na média das progênies por ambiente/geração (k) para produtividade de grãos. Foi obtida por meio da expressão:

$$h^2_k = (QM_{\text{progênies}} - QM_{\text{erro}}) / QM_{\text{progênies}}$$

Pelas expressões apresentadas por Knapp, Stoup e Ross (1985), com confiança de  $1-\alpha = 0,95$ , foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas da  $h^2$ :

$$LI = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{1-\alpha/2} (GL_{Erro}; GL_{Progênie}) \right]^{-1} \right\}$$

$$LS = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right) F_{\alpha/2} (GL_{Erro}; GL_{Progênie}) \right]^{-1} \right\}$$

em que:

$F_{\alpha/2}$  e  $F_{1-\alpha/2}$ : valores Tabelados da distribuição F, com  $v_1$  e  $v_2$  graus de liberdade, sendo  $\alpha = 0,05\%$ ;

$v_1$  e  $v_2$ : graus de liberdade associados ao  $QM_{progênie}$  ( $Q_1$ ) e  $QM_{erro}$  ( $Q_2$ ),

respectivamente;

$Q_1$ : Quadrado médio entre progênie na época  $k$ ;

$Q_2$ : Quadrado médio do erro experimental na época  $k$ .

ii)  $h^2$  – herdabilidade para a produtividade de grãos para a seleção na média das progênie e dos ambientes. Nesse caso, como o efeito de ambientes foi considerado fixo, a  $h^2$  foi estimada considerando a variância genética entre progênie ( $\sigma_p^2$ ) por meio da covariância entre as médias das progênie nos ambientes dois a dois (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005), ou seja, pelo seguinte estimador:



$$h^2 = \frac{\sigma_p^2 / QM_{progénie}}{ra}$$

em que:

$QM_{progénie}$ : Quadrado médio na análise conjunta dos ambientes;

r: número de repetições, no caso 2;

a: número de ambientes, no caso 2.

iii)  $h^2_1$  - herdabilidade para as notas de escurecimento de grãos por geração na média das épocas de avaliação. Foi estimada por meio da expressão: (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005):

$$h^2_l = \frac{\sigma_p^2 / QM_{progénie}}{re}$$

em que:

$\sigma_p^2$ : como o efeito de época foi considerado fixo, a  $h^2_k$  foi estimada considerando a variância genética entre progênies ( $\sigma_p^2$ ) por meio da covariância entre as médias das progênies nas diferentes épocas de avaliação duas a duas;

$QM_{progénie}$ : Quadrado médio na análise conjunta das progênies;

r: número de repetições, no caso 2;

e: número de épocas de avaliação, no caso 3 para a geração  $F_{2:3}$  e 2 para a geração  $F_{2:4}$ .

iv)  $h^2_R$  - herdabilidade realizada. Ela foi estimada para o caráter notas de escurecimento de grãos, aos 60 DAC, considerando a seleção realizada em

F<sub>2,4</sub> em Lavras com resposta em Patos de Minas ou, vice-versa, considerando a seleção realizada em F<sub>2,4</sub> em Patos de Minas com resposta em Lavras. As estimativas foram obtidas utilizando o seguinte estimador (RAMALHO et al., 2012):

$$h_R^2 = \frac{GS/m_j}{ds/m_i}$$

em que:

*GS*: ganho observado com a seleção no local *j* (Lavras ou Patos de Minas), pela seleção efetuada no local *i* (Lavras ou Patos de Minas);

*m<sub>i</sub>*: média geral do caráter no local da seleção *i*;

*ds*: diferencial de seleção da média das 10 melhores progênies no local de seleção *i* (Lavras ou Patos de Minas). O *ds* é estimado por  $ds = m_{is} - m_i$ , em que *m<sub>is</sub>* é a média das progênies selecionadas no local *i* (Lavras ou Patos de Minas);

*m<sub>j</sub>*: média geral do caráter no local *j* (Lavras ou Patos de Minas) em que foi estimado o ganho com a seleção.

b) Repetibilidade (*r*<sup>2</sup>). Como para o tempo de cocção e teor de tanino, as progênies foram escolhidas (efeito fixo), assim, estimou-se a repetibilidade por época de avaliação, pelo seguinte estimador:

$$r^2 = \frac{QM_{\text{progênies}} - QM_{\text{erro}}}{2}$$

em que:

QM<sub>progênie</sub>: Quadrado médio de progênies nas análises por época de avaliação;

QM<sub>erro</sub>: Quadrado médio do erro nas análises por época de avaliação.

c) Estimativas dos coeficientes de correlação ( $r_{XY}$ ). Utilizando os dados das 20 progênies da geração  $F_{2:3}$  (sendo 10 progênies com maior e, igual número, com menor média na avaliação do escurecimento dos grãos) foi estimada as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre o caráter nota de escurecimento dos grãos com os caracteres produtividade de grãos, teor de tanino e tempo de cocção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

### 3.7 Índice da soma das variáveis padronizadas ( $\sum Z$ )

Para se obter uma estimativa que envolvesse os caracteres, foram utilizadas 20 progênies  $F_{2:3}$  (sendo 10 progênies com maior e, igual número, com menor média na avaliação do escurecimento dos grãos) para obtenção da soma das variáveis padronizadas ( $\sum Z$ ). Essa soma envolve os caracteres produtividade de grãos, escurecimento dos grãos e tempo de cozimento aos 30 DAC. Como para o caráter escurecimento dos grãos, foram atribuídas notas de menor valor para o fenótipo desejado, realizou-se uma inversão da escala de notas para a estimação do índice de seleção empregado. Já para tempo de cozimento, como o fenótipo desejado também apresentava valores menores, foi realizada uma regra de três inversa para a utilização do índice  $\sum Z$ . Os dados foram padronizados por parcela, utilizando o seguinte estimador (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009):

$$Z_{ij} = \frac{y_{ij} - y_j}{s_j}$$

em que:

$Z_{ij}$ : valor fenotípico padronizado da parcela que recebeu a progênie  $i$  na repetição  $j$ ;

$y_{ij}$ : valor fenotípico do caráter da parcela  $ij$ ;

$y_{.j}$ : média fenotípica da progênie  $i$ ;

$s_j$ : desvio padrão fenotípico associado à repetição  $j$ .

O  $\sum Z$  foi submetido à análise de variância. Nesse caso, a análise de variância foi realizada considerando o delineamento em blocos casualizados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância individuais por geração e por época de avaliação estão apresentados nas Tabelas 1A a 4A. Utilizando a acurácia como medida da precisão experimental (RESENDE; DUARTE, 2007), nota-se que as estimativas foram bem superiores para as notas de escurecimento dos grãos, o que indica experimentos mais precisos, que para a produção de grãos que apresentaram estimativas de acurácia inferiores, exceto na avaliação da geração  $F_{2:4}$  em Lavras.

Foram constatadas diferenças significativas entre progênies para as avaliações em Lavras nas gerações  $F_{2:3}$  ( $P \leq 0,077$ ) e  $F_{2:4}$  ( $P \leq 0,00$ ), porém não foram constatadas diferenças significativas entre progênies  $F_{2:4}$  em Patos de Minas ( $P \leq 0,471$ ). Procedeu-se a análise de variância conjunta do caráter produtividade de grãos considerando os três ambientes, ou então envolvendo as duas gerações em Lavras, ou de uma mesma geração  $F_{2:4}$  em Lavras e Patos de Minas. Observe que a estimativa de acurácia foi superior a 66% (Tabela 1). Vale salientar que como o efeito de progênie é aleatório, e o efeito de gerações (ambientes) é fixo, a variância de progênies inclui não só o efeito da variância genética entre progênies mas também a variância da interação progênies x ambientes. Sendo assim a estimativa de acurácia, até certo ponto está superestimada.

Tabela 1 Resumo da análise de variância conjunta de ambientes e gerações para produtividade de grãos na média das 100 progênes. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

FV	F <sub>2.3</sub> Lavras / F <sub>2.4</sub> Lavras/ F <sub>2.4</sub> Patos		F <sub>2.3</sub> / F <sub>2.4</sub> Lavras		F <sub>2.4</sub> Lavras/ F <sub>2.4</sub> Patos	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Ambientes (A)	2	46.042.075,58*	1	70.673.444,62*	1	38.415,99*
Progênes (P)	99	743.274,39	99	949.563,19	99	855.120,26
P x A	198	747.033,37**	99	870.889,09**	99	831.163,80**
Erro Médio	261	414.085,85	180	424.788,21	162	414.591,16
Média		2.671,58		2.805,16		2.394,63
Acurácia (%)		66,43		74,40		71,73

\*, \*\* Significativo a 1 e 5% respectivamente por meio da probabilidade aplicando teste de F

Constatou-se diferença significativa do caráter produtividade de grãos entre gerações e entre locais (Tabela 1). Observa-se que a produtividade média, em Lavras, da geração F<sub>2.3</sub> foi 35,2% superior a da geração F<sub>2.4</sub> (Tabela 2). Considerando os componentes de média (m), para um loco na média genotípica entre progênes F<sub>2.3</sub>, ela é composta por  $m + \frac{1}{4}d$ , em que d é o desvio dos heterozigotos em relação ao ponto médio, ou seja, efeito de dominância. Já a média entre progênes F<sub>2.4</sub> é composta por  $m + \frac{1}{8}d$ . Portanto, a diferença média, na média genotípica das duas gerações corresponde a  $\frac{1}{4}d - \frac{1}{8}d$ , ou seja,  $\frac{1}{8}d$  (RAMALHO et al., 2012). Nessa condição, como a produtividade média de F<sub>2.3</sub> foi bem superior a F<sub>2.4</sub> isso implicaria que ocorre uma forte depressão por endogamia e conseqüentemente que a dominância seria muito importante para a produtividade de grãos de feijão. Entretanto, embora ocorram alguns resultados não concordantes na literatura, a maioria dos relatos afirma que a dominância ou não ocorre, ou tem pequena importância na produtividade de grãos (MORETO, 2005). Desse modo, essa diferença no desempenho das gerações F<sub>2.3</sub> em relação a F<sub>2.4</sub> deve ser atribuída ao efeito ambiental. Isso porque as gerações foram conduzidas em épocas de semeadura e área experimental diferentes, o que

certamente contribuiu para o comportamento médio discrepante das duas gerações.

Tabela 2 Produtividade média de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em diferentes gerações/ambientes, entre progênies  $F_{2:3}$  e  $F_{2:4}$ . Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

Geração/ ambiente	Produtividade Média de Grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
$F_{2:3}$ Lavras	3.225
$F_{2:4}$ Lavras	2.385
$F_{2:4}$ Patos de Minas	2.404

Não ocorreu diferença significativa entre progênies ( $P \leq 0,00$ ) em todas as análises conjuntas da produtividade de grãos (Tabela 1). Como o efeito de gerações/ambiente foi considerado fixo, a variância genética ( $\sigma_p^2$ ) entre progênies, sem a interação, foi estimada pela covariância dos ambientes dois a dois. Os valores de  $\sigma_p^2$  encontrados contribuíram para que as estimativas da  $h^2$  para a seleção na média dos ambientes fossem de pequena magnitude (Tabela 3). Em função das estimativas dos limites inferiores terem sido negativos, pode-se inferir que há chance da  $h^2$  ser nula em todos os casos. Na literatura, são comumente encontradas estimativas de  $h^2$  para produtividade de grãos inferiores a 40% (MORETO, 2005).

Tabela 3 Estimativas das variâncias genéticas entre progênies ( $\sigma_p^2$ ) e da herdabilidade ( $h^2$ ) na média das progênies, nas diferentes gerações/ambientes referentes à produtividade de grãos. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

Geração/ ambiente	$\sigma_p^2$	$h^2$ (%)
F <sub>2:3</sub> Lavras/ F <sub>2:4</sub> Lavras/ F <sub>2:4</sub> Patos	0,00	0,00 (-43,01 <sup>1/</sup> ; 27,95)
F <sub>2:3</sub> Lavras/ F <sub>2:4</sub> Lavras	19.668,52	8,29 (-36,31; 38,29)
F <sub>2:4</sub> Lavras/ F <sub>2:4</sub> Patos	5.989,12	2,80 (-44,46; 34,60)

<sup>1/</sup> Limites do intervalo de confiança da  $h^2$

Os dois genitores envolvidos, a linhagem RP-2 e a cultivar BRSMG–Madrepérola são bem adaptados e produtivos (ABREU et al., 2011; CARNEIRO et al., 2011). Contudo, eles não devem ser divergentes para o caráter produtividade de grãos. Se não há divergência, a população obtida não irá segregar muito e as progênies também não irão apresentar grande variação para o caráter. Deve ser salientado que os genitores foram escolhidos em função de serem adaptados, porém, diferirem no tipo de planta e, sobretudo na velocidade de escurecimento dos grãos. Esse último caráter foi o foco principal deste trabalho.

Uma das dificuldades é encontrar um parâmetro que possa avaliar a velocidade de escurecimento tardio dos grãos. Uma alternativa é por meio de uma escala de notas. Esse procedimento foi utilizado por Silva et al. (2008) com sucesso. Por essa razão o mesmo foi utilizado no presente trabalho. Como era esperado foi detectada diferença significativa ( $P \leq 0,00$ ) para as notas de escurecimento dos grãos das progênies F<sub>2:3</sub> entre as épocas de avaliação (Tabela 4). À medida que os grãos envelheceram, eles se tornam mais escuros (Tabela 5).



Tabela 4 Resumo da análise de variância das notas de escurecimento de grãos de feijão envolvendo as diferentes épocas de avaliação. Dados obtidos da geração F<sub>2,3</sub>. Lavras, MG, 2011

FV	GL	QM	P <sup>1/</sup>
Épocas (E)	2	26,722	0,0018
Erro 1	3	0,268	
Progênes (P)	99	6,072	0,000
E x P	198	0,424	0,419
Erro 2	297	0,413	
Média		3,420	
Acurácia (%)		96,540	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

Tabela 5 Média das notas de escurecimento dos grãos nas diferentes épocas de avaliação obtida na avaliação de progênes F<sub>2,3</sub>. Lavras, MG, 2011

Época de avaliação (dias)	Média da nota de escurecimento
30	3,010
60	3,530
90	3,720

As progênes F<sub>2,3</sub> apresentaram variação significativa ( $P \leq 0,00$ ) com relação às notas de escurecimento de grãos. Contudo, a interação progênes x épocas foi não significativa, indicando que o comportamento das progênes foi coincidente nas diferentes épocas de avaliação. Constatou-se que as estimativas de herdabilidade para a seleção na média das progênes, com relação a notas de escurecimento dos grãos, aumentaram com a idade de avaliação (Tabela 6). Nota-se, contudo, que o incremento não foi muito expressivo e em quase todos os casos houve sobreposição nos intervalos de confiança. Os valores obtidos foram semelhantes ao relatado por Silva et al. (2008) e mostra que é possível realizar com sucesso seleção para o caráter notas de escurecimento dos grãos e que esta seleção pode ser realizada mais precocemente, ou seja, mesmo aos 30 dias após a colheita (DAC).

Tabela 6 Estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) entre as progênies  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ , em diferentes épocas de avaliação das notas de escurecimento dos grãos de feijão. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

Geração/ Local / Época	$h^2$	LI <sup>2/</sup>	LS <sup>2/</sup>
$F_{2,3}$ / Lavras / 30 DAC <sup>1/</sup>	72,39	59,00	81,40
$F_{2,3}$ / Lavras / 60 DAC	85,85	78,99	90,47
$F_{2,3}$ / Lavras / 90 DAC	87,03	80,74	91,26
$F_{2,4}$ / Lavras / 30 DAC	76,13	64,56	83,92
$F_{2,4}$ / Lavras / 60 DAC	85,38	78,28	90,15
$F_{2,4}$ / Patos / 30 DAC	85,36	81,23	91,49
$F_{2,4}$ / Patos/ 60 DAC	87,24	81,05	91,40

<sup>1/</sup> Dias após a colheita. <sup>2/</sup> Limites do intervalo de confiança da  $h^2$

A distribuição de frequência das notas de escurecimento de grãos aos 90 DAC na geração  $F_{2,3}$  é mostrada no Gráfico 2. Veja que a distribuição de frequência foi assintótica no sentido de maior escurecimento. Nota-se, contudo, que com nota inferior a 3,0 foram identificadas 23% das progênies ainda com grãos bem claros mesmo aos 90 DAC. Nessa condição, como foram avaliadas 100 progênies, pode-se inferir que a segregação obtida se aproxima da proporção de 3 grãos escuros para 1 grão claro, o que corrobora com os resultados apresentados por Silva et al. (2008).

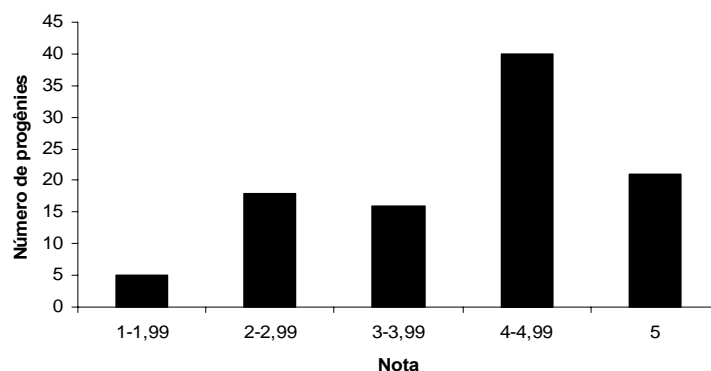


Gráfico 2 Distribuição das frequências das médias do caráter notas de escurecimento de grãos das progênies  $F_{2.3}$ , aos 90 dias após a colheita. Lavras, MG, 2011

Parte das progênies  $F_{2.3}$  apresentavam segregação dentro, ou seja, ocorriam grãos claros e escuros na mesma amostra. Essas progênies certamente receberam notas maiores, provavelmente acima de três. As progênies  $F_{2.3}$  que segregam devem ter sua origem de uma planta  $F_2$  heterozigota para o caráter. As que receberam nota inferior a três, cor clara mais uniforme, devem ter sua origem em plantas  $F_2$  homozigóticas para os alelos recessivos. Pela mesma razão, as progênies que receberam nota cinco, cor mais escura e uniforme, devem ter sua origem em plantas  $F_2$  homozigóticas para os alelos dominantes. Essa observação sugere ser o caráter controlado por um gene com dominância do alelo de escurecimento precoce. Esses resultados estão de acordo com o que foi constatado por Silva et al. (2008).

Para verificar o efeito do local na expressão do escurecimento precoce dos grãos, foi realizada a análise conjunta dos dados da geração  $F_{2.4}$  dos experimentos conduzidos em Lavras e Patos de Minas. Nesse caso, a análise envolveu apenas as avaliações realizadas com 30 e 60 DAC (Tabela 7).

Tabela 7 Resumo da análise de variância conjunta das notas de escurecimento de grãos de feijão envolvendo as diferentes épocas de avaliação da geração F<sub>2:4</sub> em Lavras e Patos de Minas (A) e das gerações F<sub>2:3</sub> e F<sub>2:4</sub> em Lavras (B)

FV	GL	A		B	
		QM	P <sup>1/</sup>	QM	P
Épocas (E)	1	0,18		27,75	
Erro 1	2	2,93		3,41	
Progênes (P)	99	4,60	0,000	5,75	0,000
E x P	99	0,26	0,178	0,44	0,082
Locais (L) ou Gerações (G)	1	394,80	0,000	155,76	0,000
E x L ou E x G	1	7,60	0,000	4,33	0,000
P x L ou P x G	99	97,94	0,000	1,06	0,000
E x L x P ou E x G x P	99	42,14	0,000	0,40	0,225
Erro 2	398	91,14		0,36	
Média em Lavras		2,387			
Média em Patos de Minas		3,792			
Média Geral		3,090			
Acurácia (%)		97,48			
Média F <sub>2:3</sub>				3,530	
Média F <sub>2:4</sub>				2,385	
Média Geral				2,829	
Acurácia (%)				96,69	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

Verificou-se novamente diferença significativa ( $P \leq 0,00$ ) entre progênes e a interação progênes x épocas ( $P \leq 0,178$ ), também não foi significativa, como comentado em análise anterior. Contudo, o efeito de locais, e todas as interações envolvendo locais foram significativas ( $P \leq 0,00$ ).

Embora as interações progênes x locais fossem significativas, pode-se inferir que elas foram predominantemente simples, pois, não ocorreu grande alteração na classificação das progênes. A correlação genética entre as médias das progênes nos dois locais foi de 74%. Reforçando essa estimativa, se forem

consideradas, aos 60 DAC, as dez progênies de menor nota em Lavras, sete delas estariam também entre as de menor nota em Patos de Minas, na média das duas gerações (Tabela 8).

Tabela 8 Notas médias de escurecimento de grãos de feijão referente às dez melhores progênies F<sub>2:4</sub> identificadas em Lavras ou Patos de Minas, quanto ao escurecimento em avaliação aos 60 dias após a colheita. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

Progênies selecionadas em Lavras			Progênies selecionadas em Patos de Minas		
Progênies	Lavras	Patos	Progênies	Patos	Lavras
10	1,0	2,0	8	2,0	1,5
15	1,0	3,0	10	2,0	1,0
29	1,0	2,5	12	2,0	1,5
40	1,0	2,5	16	2,0	1,5
54	1,0	3,0	29	2,5	1,0
69	1,0	3,0	40	2,5	1,0
78	1,0	1,0	78	1,0	1,0
92	1,0	2,5	92	2,5	1,0
95	1,0	2,5	95	2,5	1,0
96	1,0	2,5	96	2,5	1,0
Média	1,00	2,45	Média	2,15	1,15
Média Geral	2,387	3,792	Média Geral	2,387	3,792

A herdabilidade realizada ( $h_r^2$ ), aos 60 DAC, pela seleção das dez melhores progênies em Lavras e resposta em Patos de Minas foi de 61%. Quando se efetuou o inverso, seleção em Patos de Minas e o ganho em Lavras, a  $h_r^2$  foi de 84%. Ou seja, na média dos dois locais, a  $h_r^2$  foi de 72,5%, valor esse bem semelhante à herdabilidade para a seleção das progênies na média dos dois locais (Tabela 9). Esse fato é um indício que a interação progênies x locais foi predominantemente simples (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Tabela 9 Resumo da análise de variância conjunta nos diferentes ambientes de avaliação de geração F<sub>2:4</sub> para nota de escurecimento de grãos em diferentes épocas de avaliação

FV	GL	30 DAC <sup>1/</sup>		60 DAC	
		F <sub>2:4</sub> Lavras/ F <sub>2:4</sub> Patos		F <sub>2:4</sub> Lavras/ F <sub>2:4</sub> Patos	
		QM	P <sup>3/</sup>	QM	P
Progênes (P)	99	2,265	0,000	2,602	0,000
Locais (L)	1	256,000	0,000	146,410	0,000
P x L	99	0,672	0,000	0,743	0,000
Erro Médio	200	0,255		0,230	
Média		3,075		3,105	
Acurácia (%)		94,20		95,48	
h <sup>2</sup> (%)		70,33		71,45	
LI <sup>2/</sup>		55,91		57,56	
LS <sup>2/</sup>		80,04		80,79	

<sup>1/</sup> Dias Após a Colheita. <sup>2/</sup> Limites do intervalo de confiança da h<sup>2</sup>. <sup>3/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

As notas médias de escurecimento em Patos de Minas foram superiores às obtidas em Lavras. Esse fato fica bem realçado na distribuição de frequência das médias das notas de escurecimento de grãos das progênes em Lavras e Patos de Minas (Gráfico 3).

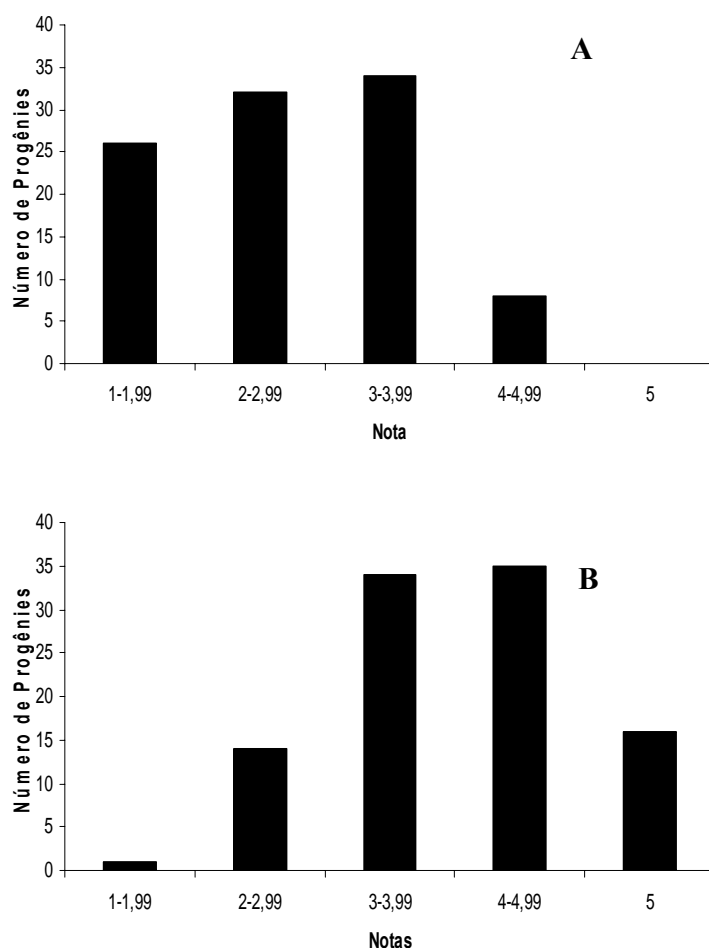


Gráfico 3 Distribuição das frequências das médias das notas das progênies F<sub>2,4</sub> em Lavras (A) e Patos de Minas (B) aos 60 dias após a colheita. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

Veja que, em Lavras, grande parte das progênies obteve notas abaixo de três. Em contrapartida, em Patos de Minas ocorreu o contrário. A explicação está relacionada ao manejo da cultura, já que em Patos de Minas a colheita do feijão ocorreu mais tardiamente, isto é, quando todas as vagens já estavam secas e as plantas praticamente sem folhas. A incidência de luz ultravioleta no campo

contribuiu para o escurecimento dos grãos ainda dentro das vagens, antes de serem colhidas, o que foi comprovado em trabalho realizado por Junk-Knievel, Vandenberg e Bett (2007), em que se utilizou de luz ultravioleta para acelerar o escurecimento dos grãos em laboratório.

Para verificar o efeito das safras/gerações nas notas de escurecimento dos grãos foi realizada a análise conjunta das duas gerações nos experimentos conduzidos em Lavras. Verificou-se que a fonte de variação progênie foi significativa ( $P \leq 0,00$ ) e a interação progênie x épocas foi novamente não significativa ( $P \leq 0,082$ ). Já o efeito de safras/gerações foi significativo, o mesmo ocorrendo com as interações progênie x gerações e épocas x gerações ( $P \leq 0,00$ ). A menor média foi obtida na geração  $F_{2,4}$ , cujo experimento foi conduzido na safra de outono/inverno, semeadura realizada em julho. A colheita nessa safra foi mais precoce que a da geração  $F_{2,3}$ , isso porque ela ocorre no final do mês de outubro, em que normalmente a colheita é antecipada devido a maior probabilidade de ocorrência de precipitação pluviométrica. Essa probabilidade aumenta com o atraso na colheita, assim, esta é realizada antecipadamente, ou seja, com algumas vagens na planta ainda verdes. Além do mais, a exposição das vagens aos raios ultravioletas é menor.

Embora a interação progênie x gerações fosse significativa, constatou-se que a correlação genética entre as duas gerações foi de aproximadamente 81%, o que evidencia que a interação é predominantemente simples, não contribuindo, assim, para a mudança de classificação das progênie nas diferentes gerações. Se forem consideradas as dez progênie com escurecimento mais tardio, ou seja, menor nota, na geração  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ , a coincidência é de 50%. A mesma coincidência percentual também foi observada considerando as dez progênie com escurecimento mais rápido, ou seja, maior nota, na geração  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ .



Utilizando 20 progênies  $F_{2,3}$  (as dez progênies que apresentaram as melhores e as dez piores médias na avaliação de nota dos escurecimento do tegumento aos 30 DAC), foi avaliado o cozimento dos grãos aos 30, 60 e 90 DAC. Só foi possível discriminar as progênies aos 60 DAC ( $P \leq 0,00$ ) (Tabela 10). As médias do tempo de cocção dos grãos das progênies  $F_{2,3}$  é apresentada na Tabela 11. Constatou-se, como era esperado, que com o aumento do tempo de armazenamento houve incremento no tempo de cozimento. Esse fato é frequentemente relatado para a cultura do feijoeiro (RAMALHO; ABREU; CARNEIRO, 2004; BORGES et al., 2005).

Tabela 10 Resumo da análise de variância do tempo de cozimento, em minutos, em diferentes épocas de avaliação obtido para as progênies  $F_{2,3}$  que diferem no escurecimento precoce. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Dias após colheita					
		30		60		90	
		QM	P <sup>1/</sup>	QM	P	QM	P
Progênies	19	25,56	0,99	43,65	0,000	47,96	0,99
Erro	20	34,29		5,26		54,31	
Média		26,21		37,69		39,37	
Acurácia (%)		0,00		87,95		0,00	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

Tabela 11 Médias do tempo de cozimento (minutos) provenientes da avaliação de progênies F<sub>2:3</sub>, em diferentes épocas de avaliação. Lavras, MG, 2011

Progênies	30 DAC <sup>2/</sup>	60 DAC	90 DAC
<b>Progênies de escurecimento tardio</b>			
10	29,530 a <sup>1/</sup>	32,000 c	42,700 a
12	22,875 a	36,375 c	43,023 a
14	19,225 a	39,325 b	41,087 a
15	32,905 a	32,905 c	39,395 a
16	20,627 a	39,325 b	41,915 a
21	30,900 a	30,900 c	40,000 a
29	31,335 a	31,335 c	49,075 a
31	34,085 a	34,085 c	35,890 a
40	30,900 a	34,795 c	36,080 a
69	20,075 a	34,850 c	41,755 a
Média das progênies claras	27,240	34,580	41,090
<b>Progênies de escurecimento precoce</b>			
4	24,675 a	45,925 a	39,435 a
42	21,984 a	36,600 c	33,054 a
43	23,627 a	38,250 b	41,375 a
48	32,200 a	41,675 b	35,795 a
63	22,450 a	47,420 a	31,575 a
81	24,975 a	38,920 b	37,230 a
88	23,255 a	41,060 b	35,094 a
89	28,960 a	39,905 b	35,204 a
91	27,225 a	41,165 b	36,725 a
97	21,875 a	41,970 b	50,947 a
Média das progênies escuras	25,120	41,290	37,640
Média Geral	26,210	37,690	39,360

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade. <sup>2/</sup> Dias após a colheita

As estimativas de correlação fenotípica, genética e ambiental entre o escurecimento dos grãos e o tempo de cocção foi de pequena magnitude, exceto na avaliação realizada aos 60 DAC (Tabela 12). Nessa situação, a estimativa da correlação genética e fenotípica foi positiva e alta, ou seja, de acordo com o esperado. Assim, pelo menos em princípio, pode-se inferir que os grãos mais claros apresentam cozimento mais favorável, mesmo quando armazenados por

período mais prolongado. Não foi possível obter estimativas altas entre os dois caracteres nas avaliações realizadas aos 30 e 90 DAC, devido à menor precisão na avaliação do tempo de cocção, apresentando estimativas de acurácia nulas nessas duas épocas.

Tabela 12 Estimativas da correlação genética ( $r_G$ ), fenotípica ( $r_F$ ) e ambiental ( $r_E$ ) entre os caracteres produtividade de grãos, nota de escurecimento de grãos, teor de tanino e tempo de cozimento em progênies  $F_{2:3}$  em diferentes épocas de avaliação. Lavras, MG, 2011

Dias após colheita		Escurecimento de grãos		
		$r_G$	$r_F$	$r_E$
30	Produção	-0,5332	-0,3797 <sup>NS</sup>	-0,0205
	Cozimento	0,0010	0,0243 <sup>NS</sup>	0,3338
	Teor tanino	0,7935	0,6936**	-0,0113
60	Produção	-0,4262	-0,3380 <sup>NS</sup>	-0,2167
	Cozimento	0,8680	0,6942**	-0,3121
	Teor tanino	0,7844	0,7711**	0,4634
90	Produção	-0,5709	-0,3993 <sup>NS</sup>	0,1423
	Cozimento	-0,1109	-0,1215 <sup>NS</sup>	-0,3646
	Teor tanino	0,8617	0,8330**	0,0960

<sup>NS</sup>, \*\* Não significativo e Significativo a 5% pelo teste de t, respectivamente

Com relação ao teor médio de tanino, utilizando as mesmas 20 progênies citadas anteriormente, foram detectadas diferenças significativas entre as progênies nas três épocas de avaliação (Tabela 13). Observe que a estimativa da acurácia foi elevada nas três condições. Como era esperado, as estimativas da repetibilidade ( $r^2$ ) também foram altas, exceto aos 60 DAC. Na Tabela 14, onde estão apresentados os teores médios de tanino dos grãos das progênies, verifica-se que as progênies consideradas mais claras, mesmo aos 30 DAC, foram as que apresentaram menores teores de tanino.

Tabela 13 Resumo da análise de variância do teor de tanino ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) em diferentes épocas de avaliação obtido para as progênies  $F_{2:3}$  que diferem no escurecimento precoce. Lavras, MG, 2011

FV	Dias após colheita						
	30			60		90	
	GL	QM	P	QM	P	QM	P
Progênies	19	1,295	0,00	0,765	0,000055	1,191	0,00
Erro	20	0,051		0,117		0,053	
Média		1,507		1,563		1,540	
Acurácia (%)		97,99		92,03		97,73	
$r^2$ (%)		62,20		32,40		56,90	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

Tabela 14 Médias dos teores de tanino ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) provenientes da avaliação de 20 progênies  $F_{2:3}$ , em diferentes épocas de avaliação. Lavras, MG, 2011

Progênies	30 DAC <sup>2/</sup>	60 DAC	90 DAC
<b>Progênies de escurecimento tardio</b>			
10	1,011 d <sup>1/</sup>	1,051 b	1,115 c
12	1,203 c	1,400 b	1,277 c
14	1,091 d	1,443 b	1,18 c
15	0,787 d	0,871 b	0,785 c
16	0,569 d	0,579 b	0,595 c
21	0,852 d	0,974 b	1,015 c
29	0,958 d	1,009 b	0,895 c
31	0,923 d	0,969 b	0,895 c
40	1,065 d	1,308 b	1,011 c
69	0,587 d	1,353 b	0,586 c
Média das progênies Claras	0,904	1,095	0,935
<b>Progênies de escurecimento rápido</b>			
4	2,399 b	1,951 a	2,398 b
42	1,661 c	1,915 a	1,994 b
43	0,914 d	1,035 b	1,045 c
48	2,792 a	2,776 a	2,79 a
63	2,166 b	2,025 a	2,219 b
81	1,637 c	1,936 a	1,911 b
88	3,066 a	2,496 a	3,027 a
89	2,948 a	2,137 a	2,655 a
91	2,195 b	2,471 a	2,106 b
97	1,319 c	1,551 b	1,300 c
Média das progênies Escuras	2,109	2,032	2,144
Média Geral	1,147	1,421	1,228

<sup>1/</sup>Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade. <sup>2/</sup> Dias após a colheita

As estimativas de correlação genética e fenotípica entre as notas de escurecimento dos grãos e o teor de tanino foram todas altas e positivas, comprovando o que foi comentado anteriormente (Tabela 12). Resultado

semelhante foi relatado por Silva et al. (2008). Um fato que comprova essa associação é a identificação de marca molecular associada ao teor de tanino e as notas de escurecimento dos grãos realizada por Couto et al. (2010). Assim, o teor de tanino poderia ser usado como critério de seleção de progênies com escurecimento tardio dos grãos. Contudo, como a análise de tanino é demorada e é necessário destruir os grãos, onera o programa de melhoramento. Desse modo, a nota de escurecimento, por meio de uma escala de avaliação, apresenta-se como uma opção melhor.

Outra associação importante é entre a produtividade de grãos e as notas de escurecimento dos mesmos. As estimativas das correlações fenotípicas foram negativas, ou seja, as progênies mais produtivas tiveram as menores notas de escurecimento dos grãos. É importante salientar, no entanto, que as estimativas de correlação fenotípica foram todas de pequena magnitude e não significativa. (Tabela 12).

Como a herdabilidade ( $h^2$ ) para as notas de escurecimento dos grãos é alta, pode-se inferir que a seleção de progênies com grãos mais claros, em época de avaliação precoce, poderá ser eficiente e não afetará a seleção para a produtividade de grãos ou, se afetar, será no sentido almejado pelos melhoristas.

Considerando produtividade de grãos, nota de escurecimento de grãos e tempo de cozimento como três caracteres importantes envolvidos na seleção, pode-se utilizar um índice de seleção (BERNARDO, 2002). Uma opção muito utilizada, especialmente na cultura do feijoeiro, é o somatório das variáveis padronizadas ( $\sum Z$ ) (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2011). Para exemplificar o emprego deste índice, foram considerados os dados das 20 progênies mencionadas anteriormente da geração  $F_{2,3}$  em Lavras aos 30 DAC. A análise de variância mostrou diferença significativa entre as progênies ( $P \leq 0,00$ ) (Tabela 15). Os resultados médios apresentados na Tabela 16 mostram que, de modo geral, as progênies consideradas de escurecimento mais tardio, apresentaram

maior  $\sum Z$ , reforçando o que foi dito anteriormente, que as progênies de menor nota associam maior produtividade de grãos e menor tempo de cocção, o que é altamente desejável.

Tabela 15 Resumo da análise de variância do índice da soma das variáveis padronizadas considerando produtividade, nota de escurecimento de grãos e tempo de cozimento das progênies F<sub>2:3</sub> aos 30 dias após a colheita. Lavras, MG, 2011

FV	GL	QM	P <sup>1/</sup>
Blocos	1	0,0000	
Progênies	19	9,6838	0,000
Erro	19	0,8914	
Média		6,000	
Acurácia (%)		95,289	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

Tabela 16 Médias do somatório das variáveis padronizadas ( $\Sigma Z$ ) considerando produtividade, nota de escurecimento de grãos e tempo de cozimento das progênies F<sub>2,3</sub> aos 30 dias após a colheita. Lavras, MG, 2011

Progênies	$\Sigma Z$
<b>Progênies de escurecimento tardio</b>	
10	6,950 a <sup>1/</sup>
12	7,625 a
14	9,281 a
15	8,577 a
16	7,582 a
21	7,990 a
29	7,332 a
31	7,907 a
40	7,602 a
69	7,985 a
Média das progênies mais claras	7,883
<b>Progênies de escurecimento precoce</b>	
4	4,003 b
42	5,359 b
43	4,610 c
48	3,354 c
63	5,049 b
81	2,582 c
88	4,632 b
89	1,509 c
91	3,841 b
97	6,229 b
Média das progênies mais escuras	4,117
Média Geral	6,000

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott & Knott, a 5% de probabilidade



## 5 CONCLUSÃO

Em função das estimativas de herdabilidade obtida, pode-se inferir que o fenótipo escurecimento tardio é fácil de ser selecionado com sucesso. Embora a estimativa de herdabilidade para as notas de escurecimento tenha tendência de aumentar com o tempo de armazenamento dos grãos, não foi constatada interação progênes x época de avaliação. A seleção para o escurecimento tardio pode ser realizada a partir dos 30 dias após a colheita.

Os grãos com escurecimento tardio possuem menor teor de tanino e exigem menor tempo de cozimento.

A correlação genética entre a produtividade de grãos foi praticamente nula, inferindo assim, que a seleção para o escurecimento tardio dos grãos pode ser realizada a partir da geração  $F_{2,3}$ , sem reflexo no sucesso da seleção para a produtividade de grãos em gerações mais avançadas.

As notas de escurecimento são influenciadas pelo ambiente/safra e geração, contudo a interação progênes x ambientes e progênes x gerações é predominantemente simples, não alterando de modo expressivo a classificação das progênes.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. de F. B. et al. Avaliação de linhagens de feijoeiro comum de grãos tipo carioca em Minas Gerais no período de 2007 a 2009. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. p. 700-703. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. D'A de; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 33-38, Jan. 1971.

ANGELO, P.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, set. 2007.

AVILA, M. F. **Nutracêuticos**: alimentos que proporcionam benefícios à saúde. São José dos Campos: [s.n], 2011. Disponível em: <[www.marianaFerridavila.com.br](http://www.marianaFerridavila.com.br)>. Acesso em: 25 set. 2011.

BASSETT, 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.; OSORNO, J. M. Achievements and limitations of contemporary common bean breeding using conventional and molecular approaches. **Euphytica**, Wageningen, v. 168, n. 2, p. 145-175, 2009.

BENINGER, C. W. et al. Changes in polyphenols of the seed coat during the after-darkening process in pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 20, p. 7777-7782, Sept. 2005.

BENNETT, B. Counting beans. **Better Homes and Gardens**, Des Moines, Aug. 2002.

BENNINK, M. R. Health benefits associated with consumption of dry beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 53, n.

53, p. 2-3, Mar. 2010.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2002.

BLACK, M. M. Micronutrient deficiencies and cognitive functioning. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, n. 11, p. 3927-3931, Nov. 2003.

BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEGBE, S. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean x wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 112, n. 6, p. 1149-1163, Apr. 2006.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 13-18.

BORGES, P. de S. et al. Efeitos do armazenamento sobre atributos associados à qualidade de feijão tipo carioca. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 700-703. 1 CD-ROM.

BRACKMANN, A. et al. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, dez. 2002.

BUSHEY, S. M.; HOSFIELD, G. L.; OWENS, S. The role of epicuticular wax layer in water movement across the bean seed coat. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 45, p. 12-13, Mar. 2002.

CAPELO, J. L.; MADURO, C.; VILHENA, C. Discussion of parameters associated with the ultrasonic solid-liquid extraction for Elemental analysis (total content) by electrothermal atomic absorption spectrometry. **Ultrasonics Sonochemistry**, Oxford, v. 12, n. 3, p. 225-232, Feb. 2005.

CARBONNELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos feijoeiro cultivados em diferentes ambientes.

**Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARNEIRO, J. E. de S. et al. BRSMG Madrepérola: cultivar de feijão tipo carioca com escurecimento tardio de grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011. 1 CD-ROM.

CARNEIRO, P. T.; PARRÉ, J. P. Importância do setor varejista na comercialização de feijão no Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 277-298, 2005.

CORTE, A. D. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 193-202, Mar. 2003.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 1017-1021, jul./ago. 2001.

COUTO, K. R. et al. Identificação de marcadores microssatélites relacionados ao escurecimento de grãos em feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 11, p. 1268-1274, nov. 2010.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004.

ESTEVES, A. M. et al. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 999-1005, set./out. 2002.

FOSTER-POWELL, K.; MILLER, J. L. International tables of glycemic index. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 76, n. 1, p. 5-56, July 2002.

HOSFIELD, G. L. Seed coat color in *Phaseolus vulgaris* L., its chemistry and associated health related benefits. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 44, p. 1-6, Mar. 2001.

JACINTO-HERNÁNDEZ, C. et al. Cooking quality and changes in color by effect of ageing in a yellow dry bean population. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 54, p. 36-37, May 2011.

JUNK-KNIEVEL, D. C.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. An accelerated postharvest seed-coat darkening protocol for pinto beans grown across different environments. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 2, p. 694-702, Mar./Apr. 2007.

KNAPP, S. J.; STOUP, 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.

KOMPRDA, T. et al. In-situ disappearance and content of p-coumaric and ferulic acid in lucerne from various vegetative stages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, n. 2-3, p. 141-150, July 1997.

LANA, A. M. Q.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D. Herdabilidades e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1031-1037, nov./dez. 2003.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common beans. In: EPTS, P. **Genetic resources of phaseolus beans**. Boston: Kluwer, 1998. p. 245-327.

LONDERO, P. M. G. et al. Efeitos de épocas de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade para o cozimento de grãos de feijão da cultivar pérola. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 424-428. 1 CD-ROM.

LUQUE-GARCIA, J. L.; CASTRO, M. D. L de. Dynamic ultrasound-assisted extraction of cadmium and lead from plants prior to electrothermal atomic

absorption spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 480, n. 2, p. 231-237, Mar. 2003.

MACHADO, C. M.; FERRUZZI, M. G.; NIELSEN, S. S. Impact of the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 9, p. 3102-3110, Sept./Oct. 2008.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F.; ATANASSOVA, M. Total phenolics and total flavonoids in gulbarian fruits and vegetables. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**, Bogdana, v. 40, n. 3, p. 255-260, 2005.

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

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, out. 2009.

MENDES, M. P.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Strategies for selecting individuals in common bean breeding programs. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 54, p. 68-69, 2011.

MENDONÇA, C. V. do C. E. **Caracterização química e enzimática de famílias de feijões obtidas do cruzamento das linhagens Amarelinho e CI 107**. 2001. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, jul./ago. 2007.

MORETO, A. L. **Componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico**. 2005. 84 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

PARK, D.; MAGA, J. A. Dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) color stability as influenced by time and moisture content. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 23, n. 6, p. 515-522, Dec. 1999.

PAULA, S. R. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Effect of reciprocal crossing on the cooking time of dry bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 20-21, 2004.

PENNINGTON, J. **Bowers and Church's food values of portions commonly used.** 17. ed. Philadelphia: Lippincott, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 415-436.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 415-436.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n. 233, p. 21-32, 2004.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicação da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.** Lavras: UFLA, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, jul./set. 2007.

RIBEIRO, S. R. R. P.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Maternal effect associated to cooking quality of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 10-15, mar. 2007.

RIOS, A. de O.; ABREU, C. M. P. de; CORRÊA, A. D. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 550-558, maio/jun. 2002.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 39-45, jan./abr. 2003.

ROBBINS, R. J. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 10, p. 2866-2887, Apr. 2003.

ROMANO, C. M. et al. Relação entre curva de hidratação e tempo de cocção em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJAO, 8., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 713-715. 1 CD-ROM.

SANTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S. A. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 543-558.

SCHOLZ, M. B. dos S. **Feijão: tecnologia de produção**. Londrina: IAPAR, 2000.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SCOTT, J.; REBEILLE, F.; FLETCHER, J. Review: folic acid and folates: the feasibility for nutritional enhancement in plant foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 7, p. 795-824, May 2000.



SILVA, D. V. F.; SANTOS, J. B. dos. Capacidade de cozimento dos grãos de feijão de linhagens selecionadas de CI 140 [ESAL696 x G2333]. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 17., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA, G. S. **Controle genético do escurecimento precoce de grãos de feijão tipo carioca**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, G. S. et al. Genetic control of early grain darkening of carioca common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.8, p. 299-304, Dec. 2008.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 5-19, jan./abr. 1999.

SOUZA, L. V. Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos associados com a qualidade fisiológica de sementes de feijão. 2004. 52 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.

## APÊNDICES

Tabela 1A Resumo da análise de variância obtida para produtividade de grãos no experimento envolvendo progênes F<sub>2,3</sub>. Lavras, MG, 2011

FV	GL	QM	P <sup>1/</sup>
Progênes	99	551.057,07	0,077
Erro	99	445.934,56	
Média (kg.ha <sup>-1</sup> )		3.225,50	
Acurácia (%)		49,81	
h <sup>2</sup> (%)		19,08	
LI <sup>2/</sup> (%)		-20,27	
LS <sup>2/</sup> (%)		45,55	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F. <sup>2/</sup> Limites do intervalo de confiança da h<sup>2</sup>

Tabela 2A Resumo da análise de variância obtida para produtividade de grãos no experimento envolvendo progênes F<sub>2,4</sub> em dois ambientes. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

FV	GL	Lavras		Patos de Minas	
		QM	P <sup>1/</sup>	QM	P
Repetição	1	911065,125		196251,125	
Progênes	99	1361193,499	0,000	431540,872	0,471
Erro Efetivo	81	438878,732		390303,593	
Média (kg.ha <sup>-1</sup> )		2384,82		2404,42	
Acurácia (%)		80,94		25,59	
h <sup>2</sup> (%)		67,76		9,56	
LI <sup>2/</sup> (%)		51,24		-36,77	
LS <sup>2/</sup> (%)		78,87		40,72	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F. <sup>2/</sup> Limites do intervalo de confiança da h<sup>2</sup>.

Tabela 3A Resumo da análise de variância das notas de escurecimento dos grãos de feijão obtida no experimento envolvendo progênies  $F_{2:3}$  nas diferentes épocas de avaliação. Lavras, MG, 2011

FV	GL	Dias após colheita					
		30		60		90	
		QM	P <sup>1/</sup>	QM	P	QM	P
Entre Progênies	99	2,101	0,000	2,544	0,000	2,275	0,000
Erro	100	0,580		0,360		0,295	
Média		3,010		3,530		3,720	
Acurácia (%)		85,08		92,65		93,29	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F

Tabela 4A Resumo da análise de variância das notas de escurecimento do tegumento dos grãos de feijão obtida no experimento envolvendo progênies  $F_{2:4}$  nas diferentes épocas de avaliação. Lavras/Patos de Minas, MG, 2011

FV	GL	Dias após colheita							
		Lavras				Patos de Minas			
		30		60		30		60	
		QM	P <sup>1/</sup>	QM	P	QM	P	QM	P
Entre Progênies	99	1,236	0,000	1,778	0,000	1,701	0,000	1,567	0,000
Erro	100	0,295		0,260		0,215		0,200	
Média		2,275		2,500		3,710		3,875	
Acurácia (%)		87,25		92,51		93,47		93,40	

<sup>1/</sup> Probabilidade de significância do Teste de F.