

**CONTROLE GENÉTICO DO  
ESCURECIMENTO PRECOCE DE GRÃOS DE  
FEIJÃO TIPO CARIOCA**

**GRACIELE SIMONETI DA SILVA**

**2007**

**GRACIELE SIMONETI DA SILVA**

**CONTROLE GENÉTICO DO ESCURECIMENTO PRECOCE  
DE GRÃOS DE FEIJÃO TIPO CARIOCA**

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

Orientador

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

2007

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

Silva, Graciele Simoneti da.

Controle genético do escurecimento precoce de grãos de feijão tipo carioca / Graciele Simoneti da Silva. -- Lavras : UFLA, 2007.

52 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho

Bibliografia.

1. Melhoramento de plantas. 2. Genética quantitativa. 3. Qualidade de grãos. 4. Herdabilidade. 5. *Phaseolus vulgaris* L. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

**GRACIELE SIMONETI DA SILVA**

**CONTROLE GENÉTICO DO ESCURECIMENTO PRECOCE DE GRÃOS DE  
FEIJÃO TIPO CARIOCA**

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

Aprovada em 20 de julho de 2007.

Dr. Sérgio Augusto Morais Carbonell

IAC

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

EMBRAPA

Prof. Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

*A Deus,*

*Ofereço todo o meu trabalho e todos os frutos da minha vida.*

**OFEREÇO**

*Aos meus pais, José Domingos da Silva e Terezinha Iraci da Silva, pelo amor incondicional, apoio na realização desse sonho e em todas as etapas da minha vida e ao meu irmão Rafael Simoneti da Silva, pelo carinho e amizade,*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, por todo o amor, compreensão, apoio e por sempre se fazerem presentes na minha vida.

A minha avó, Maria Rigo Simoneti, por todo o cuidado e carinho, sendo meu exemplo e à tia Salete, pela força e orações.

À Capes, pelo financiamento para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, Dr. Sérgio Augusto Morais Carbonell e Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela disponibilidade e sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, paciência, disponibilidade, conselhos e exemplo de profissional; foi um grande privilégio tê-lo como orientador.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial ao João Bosco, César Brasil, João Candido, Lizete, Elaine, e Flávia Avelar, pela contribuição para minha formação.

À pesquisadora Dr. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela disponibilidade em sempre me ajudar, apoio na condução dos experimentos, pelo carinho e amizade.

À família Güinter: Ingo, Judite, Karine e Guido, por serem tão carinhosos comigo, estarem sempre me dando força e colaborando, em especial a Karine, por ser tão companheira e se fazer presente na minha vida, mesmo de muito longe.

As minhas amigas, especialmente a Marieli, Bianca, Alicia, Letícia, Niviani, Geovana, Vanessa Cristina, Claudinha, Cibele, Milly, Isabela, Vanessa

Maria, Quélen, Livia, Francini, Rafaela, Josiane, Regiane, Patrícia Chaves, Fabiana e a querida Giani Vilella.

À grande amiga e também minha irmã de coração, Flavinha que, desde o início, sempre me deu seu carinho, sua atenção e amizade; principalmente nos momentos mais difíceis, sempre esteve ao meu lado, me ajudando em tudo.

Aos funcionários do DBI, Zélia, Rafaela e Ironcina, pela amizade, prazerosa convivência e disposição oferecidas.

Aos funcionários de campo, Leonardo e Lindolfo, pela ajuda e disposição na condução dos experimentos.

À secretária, Elaine Ribeiro, pela paciência e disposição em sempre ajudar durante o curso.

A todos que fazem parte da minha vida e que já fizeram algum dia e que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse mais esse sonho.

MUITO OBRIGADA!

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Tipos de grãos comercializados no Brasil.....	3
2.2 Fatores que afetam as propriedades culinárias dos feijões.....	5
2.3 Composição química dos grãos de feijão.....	7
2.4 Propriedades terapêuticas e nutricionais dos feijões.....	10
2.5 Controle genético da cor dos grãos.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Local.....	16
3.2 Linhagens utilizadas.....	16
3.3 Obtenção das plantas F <sub>2</sub> e F <sub>2:3</sub> .....	16
3.4 Experimento de avaliação das plantas e ou progênies por meio de notas.....	18
3.5 Análise de variância dos dados.....	19
3.6 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos.....	22
3.7 Avaliação da cor do tegumento.....	25
3.8 Avaliação da quantidade de tanino.....	25
4 RESULTADOS.....	27
5 DISCUSSÃO.....	38
6 CONCLUSÕES.....	43
APÊNDICE.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48



## RESUMO

SILVA, Graciele Simoneti. **Controle genético do escurecimento precoce de feijão tipo carioca**. 2007. 52p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

As linhagens e ou cultivares de feijão carioca diferem com relação ao tempo de escurecimento do tegumento. O escurecimento precoce dos grãos diminui a possibilidade de aceitação de uma cultivar. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de obter informações sobre o controle genético do escurecimento precoce dos grãos de feijões do tipo carioca bem como verificar se é viável a seleção por meio de uma escala de notas e qual o menor tempo possível de armazenamento para se proceder a seleção. Foi realizado o cruzamento entre dois genitores contrastantes quanto ao tempo que demandam para escurecer, a linhagem VC-3 (escurecimento lento) e a cultivar Majestoso (escurecimento rápido). Os grãos das plantas  $F_2$  e progênies  $F_{2,3}$ , após colhidas, foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, com diâmetro de 5 cm e comprimento de 21 cm. Posteriormente, foram armazenadas em uma sala sem controle de umidade e temperatura. Essas foram avaliadas para o caráter escurecimento de grãos, por meio de uma escala de notas que variava de 1 a 5, sendo 1 grãos claros e 5 grãos escuros, por dois avaliadores. As avaliações foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a colheita, nas duas gerações. Realizaram-se as análises de variância individuais, por época e por geração e, posteriormente, conjunta das épocas e gerações. Obtiveram-se as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos. A escala de notas foi eficiente em discriminar as progênies com relação ao escurecimento dos grãos. A herdabilidade do caráter aumenta com o tempo de armazenamento. Contudo, mesmo com 30 dias, ela foi alta o suficiente para permitir o sucesso com a seleção. A segregação obtida, considerando como sendo de cor clara os grãos das plantas  $F_2$  que receberam notas inferiores a 1,5, foi de 3 escuras:1 clara, indicando que provavelmente no controle do caráter esteja envolvido um gene com dominância do alelo de escurecimento rápido.

---

\*Comitê de orientação: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Orientador); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão/UFLA (Co-orientadora)

## ABSTRACT

SILVA, Graciele Simoneti, **Genetic control of premature darkening of carioca grain type common bean**. 2007. 52 p. Dissertation (Master's degree in Plant Genetics and Breeding) – Universidade Federal de Lavras, MG.\*

Lines and cultivars of carioca grain type bean differ in relation to time of tegument darkening. The premature darkening of grains decreases the cultivar's acceptance ability. The objective of this paper was to obtain information on the genetic control of premature darkening of carioca grain type bean as well as to check if selection based on a grading scale would be feasible and which is the least storing time to proceed selection. Crossings were made between two parents having contrasting darkening time, namely VC-3 (slow darkening time) and Majestoso cultivar (fast darkening time). Grains from F<sub>2</sub> plants and F<sub>2:3</sub> progenies were placed in transparent plastic bags (21.0 by 5.0 cm), and then stored in a room without both humidity and temperature control. Grains were evaluated by two researchers, concerning to grain darkening based on a grading scale, which varied from (light colored) to 5 (dark colored) grains. Such evaluations were made at 30, 60 and 90 days post-harvesting for both generations. Analysis of variance was conducted individually for darkening period and for generation and then, a joint analysis was carried out for both darkening period and generation. Phenotypic and genetic parameters estimates were obtained. The grading scale proved to be efficient in contrasting the progenies in relation to grain darkening. Heritability estimate for the trait increases with storing time. Nevertheless even at 30 days post-harvesting heritability for this trait was high enough to allow a successful selection. All F<sub>2</sub> plants that received grades lower than 1.5 were considered as light grains. The segregation for grain darkening was in the ratio of 3:1 indicating that probably the control of this trait is made by a single gene with dominante for the allele for fast darkening.

---

\* Advisor Committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Senior advisor); Ângela de Fátima Barbosa Abreu – Embrapa Arroz e Feijão /UFLA (Co-advisor)

## 1 INTRODUÇÃO

A preferência quanto aos tipos de feijões consumidos varia amplamente, de acordo com a região. Contudo, os feijões do tipo carioca, isto é, creme com estrias marrons, são os preferidos em grande parte do Brasil. Encontra-se disponível um grande número de linhagens e ou cultivares com esse tipo de grãos que diferem, principalmente, com relação à tonalidade da cor creme do tegumento.

Entre os caracteres que afetam a aceitação das cultivares do feijão tipo carioca pelos produtores está o escurecimento precoce do tegumento do feijão, devido à associação da cor escura do grão com a dificuldade de cozimento. Desse modo, todo feijão de fundo mais escuro é considerado feijão velho e de difícil cozimento. O escurecimento precoce, possivelmente, depende do genótipo e do ambiente. Com relação ao ambiente, destacam-se a umidade no momento da colheita, o tempo de secagem dos grãos e as condições de armazenamento, principalmente no que se refere à umidade, temperatura e luminosidade. Ao que tudo indica, também a quantidade de polifenóis, especificamente o tanino, deve também contribuir para o escurecimento mais acelerado dos grãos (Junk-knievel et al., 2007).

Existem algumas linhagens de feijão carioca que apresentam a cor creme bem clara e essa tonalidade persiste por muito tempo. Há, contudo, outras que, pouco tempo após o armazenamento, apresentam escurecimento dos grãos. Seria importante verificar a possibilidade do sucesso da seleção para esse caráter e, sobretudo, identificar alternativas que possibilitem efetuar a seleção de modo mais eficiente possível.

Diante do exposto, foi realizado o presente trabalho, com o objetivo de obter informações sobre o controle genético do escurecimento precoce dos grãos

de feijões do tipo carioca. Buscou-se também verificar se é viável a seleção por meio de uma escala de notas e qual o menor tempo possível de armazenamento para se proceder a seleção.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Tipos de grãos de feijão comercializados no Brasil

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). A produção é superior a 2,9 milhões de toneladas, em uma área semeada superior a 3,7 milhões de ha (CONAB, 2006). O consumo *per capita* é expressivo, cerca de 16 kg/habitante/ano. A produção brasileira abastece o mercado interno, com exceção esporádica para os tipos de grãos preto e branco, cuja importação média pode atingir de 80 mil toneladas/ano, para os grãos preto e 20 mil toneladas/ano para os brancos.

O feijão, ao longo do tempo, vem sofrendo a concorrência de outros alimentos, sobretudo devido às mudanças nos hábitos da população, especialmente do trabalho da mulher fora do lar. Isso porque, dado o tempo de demanda para ser cozido, tem sido preterido. Com isso o consumo tem reduzido, embora seja ainda expressivo, como já comentado.

O fruto do feijão é um legume (vagem) e no seu interior estão as sementes – grãos. Cada vagem possui de 3 a 8 sementes, as quais são produtos da fertilização. Como acontece com as angiospermas, ocorre uma dupla fertilização; em uma delas, um dos núcleos do grão de pólen se funde com a oosfera, produzindo a célula ovo ou zigoto. A célula originará o eixo embrionário. O outro núcleo generativo do pólen se funde com os dois núcleos polares e forma uma célula triplóide, o endosperma. Como ocorre com a maioria das leguminosas, o endosperma é rapidamente digerido, sendo substituído, como órgão de reserva, pelos cotilédones (Santos & Gavilanes, 2006).

A morfologia da semente de feijão foi descrita por Mendonça (1996) como “composta por um embrião envolto pelo tegumento. O tegumento ou testa corresponde à membrana secundina do óvulo e é uma proteção da semente, onde se localizam os pigmentos. Externamente, o tegumento apresenta: hilo, halo, micrópila e rafe. O hilo é uma cicatriz deixada pelo funículo, o qual conecta a semente com a placenta; o halo é um anel em volta do hilo que, às vezes, apresenta cor diferente do tegumento; a micrópila é uma abertura próxima ao hilo, por meio da qual se realiza principalmente a absorção de água; e a rafe é proveniente da soldadura do funículo com os tegumentos externos do óvulo”.

Entre os constituintes do tegumento destacam-se a celulose, a hemicelulose e a lignina. A lignina é uma substância orgânica de natureza complexa, derivada do fenilpropano, impermeável à água, muito resistente à pressão e pouco elástica. Depois da celulose, é o polímero vegetal mais abundante. A lignina deposita-se na parede celular partindo da lamela média, onde é encontrada em maior quantidade (Egg Medonça, 2001). Ao que tudo indica, está relacionada com a absorção de água pelos grãos.

No feijoeiro, há uma ampla diversidade nos tipos de grãos, especialmente no que se refere à forma dos grãos, ao tamanho e às cores (Voyses & Dessert, 1991). No mercado brasileiro, essa diversidade é bem evidente. Contudo, a preferência por determinadas cores de grãos varia de acordo com o estado ou, mesmo, entre regiões. Na região Sul e no estado do Rio de Janeiro, por exemplo, a preferência é por grãos pretos. No Nordeste, o consumo é de *Vigna unguiculata* L. ou, quando se consome *Phaseolus*, a preferência é por feijão mulatinho. Em Minas Gerais, o consumo dos diferentes tipos de feijão varia de acordo com a região. Na Zona da Mata, por exemplo, predomina o consumo do preto ou do vermelho e, nas demais regiões, feijões tipo carioca, isto é, creme com rajas marrons. O mesmo ocorre no estado de São

Paulo. Em alguns nichos de mercado são ainda consumidos feijões grandes, tipo jalo, amarelos ou rajados e também os roxos.

Embora, como já comentado, ocorram diferenças no tocante à cor dos grãos consumidos no Brasil, a preferência predomina sobre o grão tipo carioca. Esse tipo de feijão foi identificado 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 et al., 1971). No início sua aceitação foi lenta, contudo, após 1975, disseminou-se por todo o país (Ramalho & Abreu, 2006).

Com a intensificação do cultivo, os programas de melhoramento procuraram obter novas linhagens de feijão carioca e nos últimos 30 anos, foram obtidas centenas delas. Com essa disponibilidade, o mercado passou a exigir alguns detalhes de cor, formato e tamanho dos grãos.

É sabido que, durante o envelhecimento, os grãos escurecem. Portanto, grãos escuros são sinônimos de grãos velhos e de difícil cozimento. Uma cultivar do tipo carioca com feijões mais escuros, mesmo novos, seria preterida pelo consumidor, imaginando que o feijão fosse velho. Por isso, a procura tem se concentrado, então, em feijões o mais claro possível, denominados tipo “leite” e, sobretudo, naqueles cuja cor clara se mantenha o maior tempo possível.

## **2.2 Fatores que afetam as propriedades culinárias dos feijões**

A aceitação de uma nova cultivar de feijão está diretamente associada às suas propriedades culinárias, sobretudo, o tempo de cozimento. Por essa razão, esse caráter irá receber maior atenção nesta revisão.

Trabalhos a respeito do tempo de cozimento são freqüentes na literatura (Carbonell et al., 2003; Rodrigues et al., 2005). Existem algumas alternativas para avaliação desse caráter e uma delas é o cozedor experimental JAB-77 tipo

menor. Esse equipamento considera o tempo necessário para que um pino contendo um peso de, aproximadamente, 150g, perfure os grãos durante o cozimento. O peso de 150 g corresponde à força que as donas de casa exercem sobre o feijão entre seus dedos, para verificar se eles já estão cozidos (Burr, 1968).

Uma outra alternativa é a quantidade de água absorvida pelos grãos após um determinado tempo. Já se verificou que há uma boa associação entre esse tempo e o de cozimento ( Castellanos & Maldonado, 1994; Ibarra-Perez et al., 1996; Elia et al., 1997). Essa metodologia tem sido amplamente utilizada na cultura do feijoeiro (Ramos Júnior & Lemos, 2002).

A absorção de água pelos grãos (tempo de cozimento), ao que tudo indica, é dependente das características do tegumento (casca) (Paula, 2004). Há alguns fatores ambientais que afetam o cozimento e um dos mais estudados é o tempo de armazenamento (Rios et al., 2002; Moura, et al., 1998; Brackmann et al., 2002). Quanto maior esse tempo, mais demorado é o tempo necessário para o cozimento. O armazenamento, por sua vez, é influenciado pela umidade e pela temperatura (Paula, 2004).

Outro fator que afeta o tempo de cozimento é a temperatura de secagem dos grãos logo após a colheita. Se os feijões são expostos, por longo tempo, a secagem a pleno sol, a umidade reduz drasticamente e dificilmente ocorre a reabsorção de água. Em consequência o tempo de cozimento é prolongado.

A presença de brilho no tegumento é associada à baixa absorção de água. Bushey et al. (2002) procuraram verificar qual a causa dessa menor absorção dos feijões brilhante e utilizaram três cultivares de feijão preto. A absorção de água foi avaliada em amostras com ou sem tratamento de xilol. As sementes de cada cultivar, com brilho, embeberam mais que o dobro da quantidade de água após o descoramento, quando comparadas com as sementes não descoradas. Com isso, ficou claro 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 na superfície do tegumento influenciam na capacidade de absorção. Isso foi comprovado por meio de microscopia eletrônica de varredura, em que foram observadas diferenças entre as três cultivares quanto à espessura e a uniformidade da camada de cera epicuticular.

### **2.3 Composição química dos grãos de feijão**

A composição centesimal do feijão varia de acordo com o local da semeadura, a época do ano de plantio e a cultivar. Trabalhando com seis linhagens de feijão (G2333, Carioca-80, Amarelinho, IAC-CarAruã, CI-107 e Ouro Negro), Esteves (2000) obteve os dados médios apresentados na Tabela 1. Esses valores são muito semelhante aos anteriormente relatados por Barampana & Simard (1993).

As proteínas do feijão como as de outras leguminosas, são ricas em lisina e limitadas em aminoácidos sulfurados (metionina, cisteína e cistina). Contudo, essa deficiência é suprida pelo consumo de alguns cereais, especialmente o arroz (Borém & Carneiro, 1998).

Nesta revisão são de interesse particular os polifenóis, encontrados predominantemente no tegumento dos grãos, porque, ao que tudo indica, eles estão envolvidos com o endurecimento dos grãos durante o armazenamento. Os teores de polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões por meio de dois mecanismos: por sua polimerização na casca (dificulta a penetração da água) ou pela lignificação dos cotilédones (limitando a capacidade de embebição), ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes (Esteves, 2000).

TABELA 1 Composição química e digestibilidade protéica média *in vitro* de seis linhagens de feijão (Esteves, 2000).

	Médias
Proteína bruta (g/100g)	24,00
Fibra bruta (g/100g)	5,32
Cinzas (g/100g b.s)	4,21
Lignina (g/100g b.s)	1,47
Cálcio (g/100g b.s)	0,22
Magnésio (g/100g b.s)	0,22
Fósforo (g/100g b.s)	0,42
Potássio (g/100g b.s)	1,76
Ferro (g/100g b.s)	9,05
Cobre (g/100g b.s)	0,61
Zinco (g/100g b.s)	3,02
Manganês (g/100g b.s)	1,33
Enxofre (g/100g b.s)	0,12
Digestibilidade protéica (%)	58,40

A estrutura comum característica de todos os compostos fenólicos é a presença de pelo menos um fenol (um anel aromático que possui pelo menos um grupo hidroxila). Os compostos fenólicos podem ser divididos em duas categorias maiores: chamadas de fenóis simples e polifenóis. Os polifenóis podem ser subdivididos em dois principais grupos, os taninos (polímeros e ácidos fenólicos, catequinas ou epicatequinas) e os flavonóides (flavona, isoflavonas, antocianina, chalconas, flavonol, flavononas, etc.) (Luthria & Pastor-Corrales, 2006). Os fenóis simples também podem ser classificados em duas categorias, ácido fenólico (ácido cinâmico ou ácido benzóico e outros derivados) e cumarina (Figura 1). Uma análise dos polifenóis de nove cultivares realizada nos EUA, revelou que três tipos de fenóis predominavam: ácido ferúlico, paracumarina e ácido sinápico (Luthria & Pastor-Corrales, 2006)

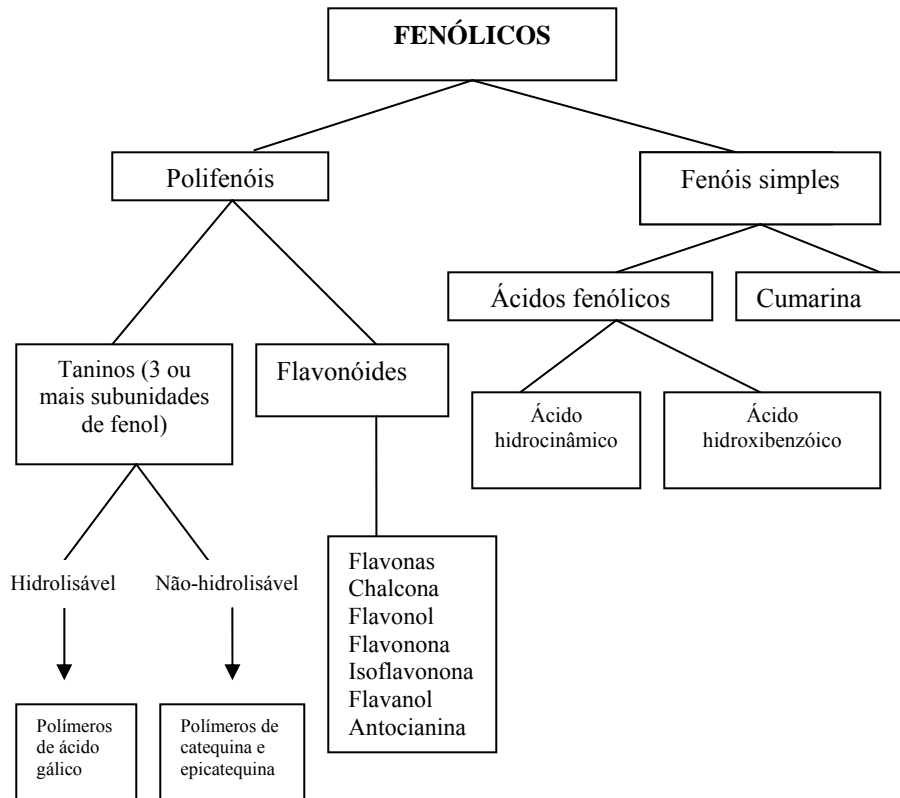


FIGURA 1 Classificação química dos compostos fenólicos em grãos de feijão. Fonte: Luthria & Pastor-Corrales (2006).

A oxidação enzimática de compostos fenólicos pela peroxidase e polifenóis resulta, reconhecidamente, no escurecimento dos tecidos vegetais (Whitehead & Swmardt, 1982). 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. Os taninos são importantes porque têm a habilidade de interagir com proteínas e resultam na redução de digestibilidade de proteínas e minerais e contribuem para a coloração

(Blair et al., 2006). São divididos em hidrolisáveis, solúveis e condensados, cada um sendo mensurável com a técnica apropriada.

#### **2.4 Propriedades terapêuticas e nutricionais dos feijões**

Recentemente foram encontrados inúmeros relatos das propriedades terapêuticas e nutricionais do feijão (Bennett, 2002). Sabe-se, por exemplo, que o teor de ferro é semelhante ao encontrado na carne bovina (Bennett, 2002). Um outro destaque é o cálcio, cujo teor é elevado e especialmente recomendado para pessoas que não ingerem produtos lácteos (Pennington, 1998). Outros minerais importantes, como fósforo, potássio, magnésio, cobre e zinco, que são essenciais no fortalecimento dos ossos, também estão presentes no feijão. É conhecido que fósforo, magnésio e potássio estão associados à regulação de pressão alta e o zinco é essencial para o crescimento do corpo, exercendo função regulatória da insulina e do sistema inume (Bennett, 2002; Pennington, 1998).

Destaque também para os folatos que são imprescindíveis especialmente para as gestantes, pois ajudam a prevenir defeitos do tubo neural no feto. Podem também reduzir os níveis elevados de homocisteína no sangue, substâncias essas que podem causar doenças do coração, infarto e mal-de-alzheimer. Ainda, o folato pode reduzir o risco de câncer na coluna cervical e de cólon (Bennett, 2002; Pennington, 1998; Bennink, 2005).

Além desses benefícios, 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% (Pennington, 1998).

Na comparação com outros carboidratos pesquisados, o feijão tem um baixo índice de glicemia que varia de 26%-42% . O consumo de feijão produz

menos glicose no sangue e concentrações de insulina, comparado a outros tipos de carboidratos (Foster-Powell et al., 1995). O feijão também possui maior quantidade de fibra e menos lipídeos. Comer feijão não leva, magicamente, a emagrecer, mas, substituindo alimentos que contenham maiores índices de glicose, pode-se diminuir a ingestão elevada de calorias e manter o equilíbrio físico e mental (Bennink, 2005).

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 no aumento dos níveis de glicose que promovem câncer de cólon.

É importante enfatizar que os compostos fenólicos encontrados no feijão, como já comentado, são importantes fitonutrientes amplamente distribuídos no reino vegetal. Estes compostos são reconhecidamente responsáveis para suprir proteção contra certos tipos de cânceres, doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas (Nijveldt et al., 2001). As propriedades benéficas dos compostos fenólicos têm sido atribuídas à sua atividade antioxidante (Robbins, et al., 2003).

## **2.5 Controle genético da cor dos grãos**

O controle genético da cor do tegumento do feijão vem sendo estudado, por mais de um século, em todo o mundo. Foram publicados inúmeros trabalhos. Revisões detalhadas das informações disponíveis foram apresentadas em algumas oportunidades (Leakey, 1998; Basset, 2004), contudo, ainda existem várias dúvidas, em função do grande número de genes envolvidos e da dificuldade de descrição das cores. Não é utilizada uma carta de cores quando da descrição da cor, dificultando a comparação de amostras de sementes de feijão. Uma lista de genes já descritos no feijoeiro é apresentada por Basset (2004).

Com relação à cor dos grãos, os genes são classificados em quatro grupos: fundamentais ou básicos, complementares ou de coloração, modificadores e genes de coloração parcial. Um resumo da ação desses genes é a seguinte:

- P – gene fundamental para a cor. Esse gene é pleiotrópico para a cor do hipocótilo e da flor. Plantas de genótipo pp possuem hipocótilo verde, flores brancas e tegumentos brancos. Esse gene possui três alelos  $P > p^{gr} > p$ . Quando a planta tem genótipo  $p^{gr}$ , na presença de outros genes, o tegumento é branco-acinzentado, sem anel do hilo. No caso das flores, esse alelo  $p^{gr}$  com o C J B V produz flores com as asas das pétalas pálidas e dois pontos violeta na margem superior;
- T – gene responsável pela coloração completa do tegumento e da flor, plantas com o genótipo tt possuem o tegumento parcialmente colorido; tem efeito pleiotrópico com flores brancas, cotilédones e hipocótilo verdes;
- C – esse gene interage com P para produzir tegumento amarelo-enzofre-claro, quando em homozigose e produz aparência marmórea quando em heterozigose. É considerado um loco complexo, devido ao alelismo múltiplo. Sua expressão depende de outros genes, que serão comentados posteriormente;
- J – genótipo que sempre expressa o anel em volta do hilo, sendo o tegumento de coloração escura brilhante. Quando possui genótipo recessivo jj, o tegumento será fosco. Com P, expressa tegumento amarelo-pálido;
- D – é responsável pela formação de um anel pardo ao redor do hilo;
- G – fator amarelo-marrom;
- B- gene para a cor marrom-esverdeado. Interage com P e outros genes de coloração;

- R – esse gene é responsável pela coloração vermelha ou roxa do tegumento e pelas rajadas avermelhadas nas asas das pétalas das flores, dependendo de sua interação com outros genes. Pode também ser responsável pela coloração rosa no tegumento;
- V – gene responsável pela cor preta em presença de P. Esse gene tem efeito pleiotrópico na cor das flores e do hipocótilo, e possui três alelos  $V > v^{lac} > v$ . O alelo  $v^{lac}$  confere a cor rosa da flor; com P C J G B, produz o tegumento marrom mineral sem halo;
- Z – na presença de t, esse gene interage com J produzindo cor no halo e tem importante papel na expressão da coloração parcial nos tegumentos da semente;
- Bip – Bip e bip combinados com Arc e arc são responsáveis por manchas coloridas nas proximidades do hilo, cujos desenhos dependem da maneira de como são combinados. Estendendo a coloração parcial do tegumento;
- Arc – com Bip, fornece o padrão virgatus ao tegumento da semente; com bip fornece o padrão virgata; arc e Bip o padrão arcus; com bip, o padrão bipunctata;
- diff – com exp dá coloração completa ao tegumento, com exceção de uma das extremidades da semente;
- Exp – com diff produz coloração estável no tegumento da semente com exceção na extremidade da semente;
- Ane – produz nebulosidade mosqueada no tegumento;
- Asp – gene responsável pela produção de brilho no tegumento; quando recessivo asp, o tegumento é opaco;
- Am – com No e Sal gera cor nas flores; com Beg No Sal gera cor no estandarte da flor. A cor do estandarte da flor é expressa por Sal Am  $V^{wf}$

(ou v) e Sal am v expressa a cor vermelha do tegumento da semente (marrom mineral);

- Fib – fíbula em forma de arco, com t, arcos brancos expressam na zona da corona do tegumento;
- Gy – tegumento amarelo esverdeado, normalmente com P (C r ) gy J g b v (ou v<sup>lae</sup>);
- ip (i<sub>1</sub>) – inibe a ação de P, considerando a cor do hipocótilo;
- Iv (i<sub>2</sub>) – inibe a ação de V considerando a cor do hipocótilo; é letal com v<sup>lae</sup>;
- iw – tegumento quando imaturo branco, na presença de p;
- No – com P v, expressa flores com brilho salmão-castanho e brotos de flores com coloração vermelha mais escura, por ação pleiotrópica; com P V, expressa flores puramente vermelhas;
- Pr – precursor da cor vermelha;
- Rk – gene responsável pela coloração vermelha ou roxa do tegumento. O alelo rk<sup>d</sup> com P v ( ou v<sup>lae</sup>) e T/ - ou t/t/, rk<sup>d</sup> sempre dá rajadas vermelhas nas asas das pétalas. C rk<sup>cd</sup> expressa granada marrom nos tegumentos, considerando que c<sup>u</sup> rk<sup>cd</sup> expressa tegumentos rosa, rk<sup>p</sup> expressa sempre a cor rosa;
- Sal – com P, expressa flor vermelha-salmão e listas avermelhadas no tegumento;
- Ts – depende da temperatura para a formação das rajadas; St ts seguido do St produz tegumento sem rajadas. Já Ts e St expressam rajadas incompletas e Ts com st ou st com ts expressam rajadas completas;
- wb – com T P V, o estandarte da flor é branca e as asas violeta-pálida.

Não foi encontrado nenhum relato de genes envolvidos com o escurecimento dos grãos creme durante o armazenamento. Também não foram



encontradas informações a respeito do controle genético do teor de tanino, provavelmente a substância envolvida com o escurecimento dos grãos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O município de Lavras situa-se na região Sul do estado de Minas Gerais, a 918 metros de altitude, 21°58' de latitude Sul e 42°22' de longitude Oeste.

#### **3.2 Linhagens utilizadas**

Foram utilizados 2 genitores: a linhagem VC-3 oriunda, do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa e a cultivar BRS-MG Majestoso (OPNS-331), doravante denominada apenas Majestoso, obtida pela Universidade Federal de Lavras. A linhagem VC-3 apresenta grão tipo carioca com fundo creme bem claro e há evidências de que essa tonalidade persiste por um longo período. Já a cultivar Majestoso também possui padrão de grão tipo carioca com fundo claro, porém, escurece rapidamente com o armazenamento.

#### **3.3 Obtenção das plantas $F_2$ e progênies $F_{2:3}$**

A obtenção da geração  $F_1$  foi realizada em casa de vegetação do Departamento de Biologia da UFLA, em fevereiro de 2005. As sementes  $F_1$  obtidas foram semeadas a campo para a obtenção das sementes - embrião e cotilédones  $F_2$ . Essas foram novamente semeadas para obtenção das plantas  $F_2$ , tegumentos das sementes  $F_2$ . Parte das sementes assim obtidas foram utilizadas para obter as progênies  $F_{2:3}$ , com relação ao tegumento. Os experimentos foram conduzidos utilizando-se grãos das duas gerações:  $F_2$  e progênies  $F_{2:3}$ .(Figura 2).

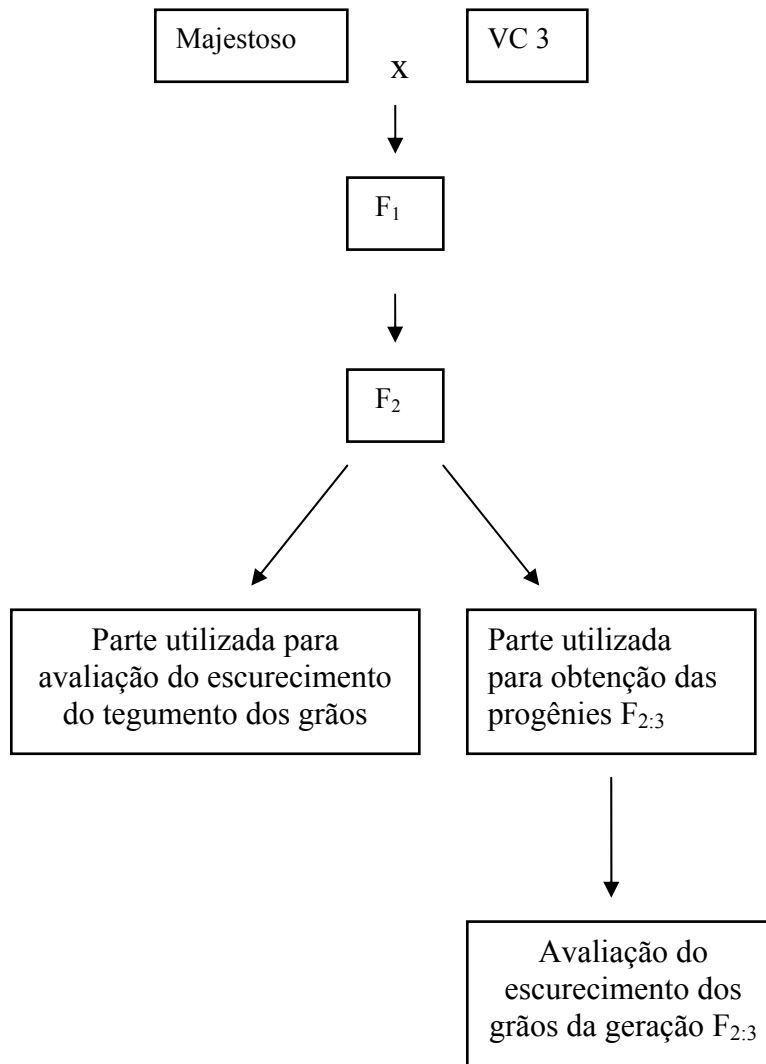


FIGURA 2 Esquema da obtenção das plantas e progênies a serem avaliadas com relação ao escurecimento precoce do feijão tipo carioca. A geração tem como referência o tegumento da semente.

### 3.5 Experimento de avaliação das plantas e ou progênies por meio de notas

Em cada geração, as plantas, após a colheita, foram submetidas a secagem a pleno sol, por 6 horas, visando à homogeneização da umidade dos grãos. Após a trilha, os grãos de cada planta  $F_2$  foram colocadas em uma embalagem plástica transparente com diâmetro de 5 cm e comprimento de 21 cm. Trinta dias após a colheita, foi avaliado o escurecimento de grãos utilizando uma escala de notas variando de 1 a 5, sendo 1 a cor de fundo de grão muito clara, 2 mediantemente claro, 3 claro, 4 mediantemente escuro, 5 muito escuro (Figura 2). As notas foram atribuídas por dois avaliadores isoladamente. O processo foi repetido aos 60 e 90 dias, pós colheita em ambas as gerações.

Como já mencionado, parte das sementes da geração  $F_2$  foi utilizada para a obtenção das plantas da geração  $F_{2:3}$ . As 196 progênies foram semeadas em uma linha de 1 m, espaçamento de 0,50 m. Os tratos culturais foram os normalmente utilizados na cultura. Na colheita, as progênies foram colhidas e os grãos submetidos ao mesmo procedimento já relatado para a geração  $F_2$ .



FIGURA 3 Escala de notas utilizada na avaliação do escurecimento das plantas ou progênies de feijão.

### 3.6 Análise de variância dos dados

As notas foram submetidas à análise de variância, inicialmente por época de avaliação e, posteriormente, envolvendo todas as épocas considerando como aleatório o efeito de tratamentos (plantas F<sub>2</sub> ou progênes F<sub>2:3</sub>, mais os dois pais) e o erro, os demais fatores como fixo. O modelo para as análises de variância por época foi o seguinte:

$$Y_{ij} = m + a_j + p_i + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$  é a nota dos grãos da progênie i, obtida pelo avaliador j;

m é a média geral;

$a_j$  é o efeito do avaliador j, j = 1,2;

$p_i$  é o efeito da progênie i, sendo (i = 1,2,...196);

$e_{ij}$  é o erro experimental associado a observação ij, sendo  $e_{ij} \cap N(0, \sigma^2_e)$

O modelo da análise conjunta das três épocas foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + a_j + p_i + t_k + (at)_{jk} + (ap)_{ij} + (pt)_{ik} + e_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$  é a nota dos grãos da planta i, obtida pelo avaliador j na época k;

m é a média geral;

$a_j$  é o efeito do avaliador j, j = 1,2;

$p_i$  é o efeito da progênie i, sendo (i = 1,2,...196);

$t_k$  é o efeito da época de avaliação k, (k = 1,2,3);

$(at)_{jk}$  é o efeito da interação entre o avaliador j e a época k;

$(ap)_{ij}$  é o efeito da interação entre o avaliador j e a progênie i ;

$(pt)_{ik}$  é o efeito da interação da progênie i com a época k;

$e_{ijk}$  é o erro experimental associado a observação ij, sendo  $e_{ijk} \cap N(0, \sigma^2_e)$

Na análise conjunta envolvendo as plantas e progênies (gerações) simultaneamente nas diferentes épocas foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + a_j + t_k + g_q + p_i + (pa)_{ij} + (pt)_{ik} + at_{(jk)} + (gt)_{qk} + (gp)_{qi} + (ga)_{qj} + (apt)_{jik} + (apg)_{jiq} + (atg)_{jkq} + (ptg)_{ikq} + e_{jkqi}$$

em que:

$Y_{ijk}$  é a nota dos grãos da planta  $i$  obtida pelo avaliador  $j$  na época  $k$  na geração  $q$ ;

$m$  é a média geral;

$a_j$  é o efeito do avaliador  $j$ ,  $j = 1,2$ ;

$p_i$  é o efeito da progênie  $i$ , sendo ( $i = 1,2,\dots,196$ );

$t_k$  é o efeito da época de avaliação  $k$ , ( $k = 1,2,3$ );

$g_q$  é o efeito da geração  $q$ , ( $q = 1,2$ );

$(pa)_{ij}$  é o efeito da interação entre a progênie  $i$  e o avaliador  $j$  ;

$(pt)_{ik}$  é o efeito da interação entre a progênie  $i$  com a época  $k$ ;

$(at)_{jk}$  o efeito da interação entre o avaliador  $j$  e a época  $k$ ;

$(gt)_{qk}$  o efeito da interação entre a geração  $q$  e a época de avaliação  $k$ ;

$(gp)_{qi}$  o efeito da interação entre a geração  $q$  e a progênie  $i$  ;

$(ga)_{qk}$  o efeito da interação entre a geração  $q$  e o avaliador  $j$  ;

$(apt)_{kij}$  o efeito da interação avaliador  $j$  progênie  $i$  e época  $k$ ;

$(apg)_{kiq}$  é o efeito da interação avaliador  $j$  na progênie  $i$  e geração  $q$ ;

$(atg)_{kjq}$  é o efeito da interação avaliador  $j$  na progênie  $i$  e geração  $q$ ;

$(ptg)_{ijq}$  é o efeito da interação progênie  $i$  época  $k$  e geração  $q$ ;

$e_{(kijq)}$  erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância  $\sigma_e^2$ .

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o programa MSTAT-C (1991). O esquema da análise da variância conjunta e as respectivas esperanças dos quadrados médios são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 Esquema de análise de variância conjunta das gerações na análises das notas do escurecimento dos grãos de feijão tipo carioca, com as respectivas esperanças dos quadrados médios – E(QM).

FV	GL	QM	E(QM)	F
Avaliadores (A)	1	Q <sub>1</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 6\hat{\sigma}_{ta}^2 + 6nA^2$	Q <sub>1</sub> /Q <sub>3</sub>
Tratamentos (T)	197	Q <sub>2</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 6\hat{\sigma}_{ta}^2 + 12\hat{\sigma}_t^2$	Q <sub>2</sub> /Q <sub>3</sub>
A x T	197	Q <sub>3</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 6\hat{\sigma}_{ta}^2$	—
Época (C)	2	Q <sub>4</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 4\hat{\sigma}_{tc}^2 + 4nC^2$	Q <sub>4</sub> /Q <sub>5</sub>
T x C	394	Q <sub>5</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 4\hat{\sigma}_{tc}^2$	Q <sub>5</sub> /Q <sub>15</sub>
C x A	2	Q <sub>6</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 2\hat{\sigma}_{atc}^2 + 2n(AC)^2$	—
Gerações (G)	1	Q <sub>7</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 6\hat{\sigma}_{tg}^2 + 6nG^2$	Q <sub>7</sub> /Q <sub>8</sub>
T x G	197	Q <sub>8</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 6\hat{\sigma}_{tg}^2$	Q <sub>8</sub> /Q <sub>15</sub>
G x C	2	Q <sub>9</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 2\hat{\sigma}_{tgc}^2 + 2n(GC)^2$	Q <sub>9</sub> /Q <sub>14</sub>
G x A	1	Q <sub>10</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 3\hat{\sigma}_{atg}^2 + 3n(GA)^2$	—
A x T x G	197	Q <sub>11</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 3\hat{\sigma}_{atg}^2$	—
A x T x C	394	Q <sub>12</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 2\hat{\sigma}_{(atc)}^2$	—
A x C x G	2	Q <sub>13</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + n(ACG)^2$	—
T x C x G	394	Q <sub>14</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + 2\hat{\sigma}_{tgc}^2$	Q <sub>14</sub> /Q <sub>15</sub>
Erro médio	394	Q <sub>15</sub>	$\hat{\sigma}_e^2$	

### 3.7 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos

A partir das esperanças dos quadrados médios (Tabela 2) foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos, por meio dos seguintes estimadores:

a) Variância genética entre as plantas  $F_2$  ou progênies  $F_{2:3}$  em cada época de avaliação

$$\sigma_{pk}^2 = \frac{QM_{pro} - QM_{erro}}{2}$$

Os intervalos de confiança (IC) associados às estimativas dos componentes de variância foram estimados a partir da seguinte expressão apresentada por Ramalho et al (2005):

$$IC : P \left[ \frac{V_p \hat{\sigma}_{pk}^2}{x_{\alpha/2}^2} < \sigma_{pk}^2 < \frac{V_p \hat{\sigma}_{pk}^2}{x_{1-\alpha/2}^2} \right] = (1-\alpha)100\%$$

em que:

$\alpha$  : nível de significância pré-estabelecido (no caso, 0,05);

$\hat{\sigma}_{pk}^2$  : estimativa da variância genética entre as plantas  $F_2$  ou progênies  $F_{2:3}$  na avaliação  $k$  ;

$V_p$  : número de graus de liberdade associado ao componente da variância genética , o qual foi obtido segundo Satterthwaite (1946);

$x_{1-\alpha/2}^2$  e  $x_{\alpha/2}^2$  : valores tabelados na distribuição de  $\chi^2$  (Qui-quadrado) para  $V_p$  graus de liberdade.



b) Herdabilidade no sentido amplo, entre as plantas  $F_2$  ou progênies  $F_{2:3}$  na época  $k$

$$h_k^2 = \frac{\hat{\sigma}_{pk}^2}{\hat{\sigma}_{Fk}^2}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{pk}^2$  : definido anteriormente;

$\hat{\sigma}_{Fk}^2$  : variância fenotípica entre plantas  $F_2$  e as progênies  $F_{2:3}$ .

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

$$LI = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{Q_a}{Q_b} \right) \times F_{1-\alpha/2; v_1; v_2} \right]^{-1} \right\}$$

$$LS = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{Q_a}{Q_b} \right) \times F_{\alpha/2; v_1; v_2} \right]^{-1} \right\}$$

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 QMprogênies e QMerro, respectivamente.

$Q_a$ : Quadrado médio entre plantas ou progênies na época  $k$ ;

$Q_b$  : Quadrado médio do erro experimental na época  $k$ ;

Estimou-se também a herdabilidade realizada  $h_R^2$  pela seguinte expressão:

$$h_R^2 = \frac{GS_{F_{2:3}/\bar{F}_{2:3}}}{ds_{F_2/\bar{F}_2}} \times 100$$

em que:

$ds_{F_2}$  é o diferencial de seleção considerando 10% das plantas  $F_2$  com menor nota de escurecimento na avaliação realizada aos 90 dias;

$$ds_{F_2} = \bar{F}_{2S} - \bar{F}_2$$

em que  $\bar{F}_{2S}$  é a média dos indivíduos selecionados menos a média geral das notas das plantas  $\bar{F}_2$ ;

$GS_{F_{2:3}}$  é o ganho de seleção observado na geração  $F_{2:3}$  pela seleção realizada entre as 10% melhores plantas  $F_2$ ;

$$GS_{F_{2:3}} = \bar{F}_{2:3*} - \bar{F}_{2:3}$$

sendo  $\bar{F}_{2:3*}$  a média das progênies que foram selecionadas em  $F_2$  e  $F_{2:3}$  a média geral das progênies na geração  $F_{2:3}$ ;

As estimativas das correlações genéticas do desempenho das plantas  $F_2$  e/ou progênies  $F_{2:3}$  na época de avaliação  $k$  e  $k'$  ( $r_{G_{kk'}}$ ) foram obtidas pela expressão:

$$r_{G_{kk'}} = \frac{COV_{xy}}{\sqrt{\sigma_{P_k}^2 \sigma_{P_k'}^2}}$$

em que:

$COV_{xy}$  é a covariância entre as médias das plantas ou progênies nas épocas de avaliação  $k$  e  $k'$

$\sigma_{p_k}^2$  e  $\sigma_{p_{k'}}^2$ , são as variâncias genéticas entre plantas e ou progênies  $F_{2,3}$  nas avaliações realizadas com  $k$  ou  $k'$  dias após a colheita dos grãos.

### **3.8 Avaliação da cor do tegumento**

Para a avaliação da cor do tegumento, usou-se um colorímetro da marca Minolta, modelo CR-310, que faz a leitura de cores no sistema tridimensional e avalia a cor em três eixos. O eixo vertical  $L^*$  avalia a cor da amostra do preto ao branco; o eixo  $a^*$  da cor verde ao vermelho e o eixo  $b^*$  da cor azul ao amarelo. Foram feitas cinco determinações de cada amostra, as quais foram colocadas em um recipiente de 6 cm de diâmetro, cujo fundo era coberto totalmente pelo feijão.

Foram usadas cinco plantas  $F_2$  com grãos mais claros e outros cinco mais escuros. Foram feitas cinco medições e usadas as médias das mesmas.

### **3.9 Avaliação da quantidade de tanino**

Foi usado o método de quantificação de tanino descrito por Porter et al. (1985), em cinco progênies  $F_{2,3}$  que possuíam notas mais claras e em cinco que possuíam notas mais altas, ou seja, progênies mais escuras.

Oito gramas de cada amostra foram pesados com 0,1 mg de precisão, colocados em um polytron com 60 mL de acetona:água 70% (v/v) e triturados por 3 minutos. O extrato foi filtrado em papel de filtro quantitativo (Brum et al.,

2005). A quantificação de TC (Tanino Condensado) foi feita pelo método butanol-HCl, descrito por Porter et al. (1985), modificando-se apenas o tempo de reação. Em um tubo de rosca de 10 mL, foram adicionados 1 mL do extrato da amostra, 6 mL de uma solução de reagente de butanol:ácido clorídrico 95% (v/v) e 0,2 mL de uma solução de sulfato ferroso (2% de sulfato ferroso amoniacal em 2 molL<sup>-1</sup> de HCl). Os tubos foram agitados e, então, levados a um banho termostatizado, a 95°C, por 10 minutos. O TC presente nas amostras foi quantificado utilizando-se um espectrofotômetro UV/VIS (SP-2000), no comprimento de onda de 550 nm.

Para a construção da curva analítica, utilizou-se o padrão de TC extraído da planta quebracho (*Schinopsis spp*), purificado em Sephadex LH-20 e liofilizado, segundo a técnica descrita por Terrill et al. (1990).

## 4 RESULTADOS

As análises da variância das notas de escurecimento de grãos, aos 30, 60 e 90 dias após a colheita, referentes às plantas da geração  $F_2$ , são apresentadas na Tabela 1A e da geração  $F_{2:3}$ , na Tabela 2A. Verificou-se que, em todas as épocas, as notas atribuídas pelos avaliadores apresentou diferença significativa, isto é, eles apresentaram critério diferente ao atribuir as notas de escurecimento. Contudo, a magnitude da interação tratamentos (progênies + testemunhas) x avaliadores, ou seja, o erro nas análises de variância foi de magnitude relativamente pequena. Esse fato é comprovado por meio das estimativas do coeficiente de variação (CV) que foram, por exemplo, para as progênies  $F_{2:3}$  inferior a 15%.

Constatou-se que as significâncias das fontes de variação nas gerações  $F_2$  e  $F_{2:3}$  (Tabelas 1A e 2A) foram muito semelhante. Isto é, em ambos os casos, em todas as épocas, o efeito de pais foi significativo. Como era esperado, os genitores diferiram nas notas de escurecimento de grãos. Detectou-se diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) em todos os casos, mostrando que ocorreu diferença entre as progênies. A única diferença na análise de variância das duas gerações foi com relação ao contraste pais vs progênies, que foi significativo apenas na geração  $F_2$ , nas avaliações 30 e 60 dias. Isso indica que, exceto nesses dois casos, a média dos genitores foi igual à média das progênies, em princípio indicando que predomina efeito aditivo no controle do caráter. Nas análises de variância individuais ficou evidenciado também que a herdabilidade das notas de escurecimento dos grãos foi alta, com tendência de incremento com o tempo.

As análises conjunta das épocas, nas gerações  $F_2$  e  $F_{2:3}$ , apresentadas na Tabela 3, mostram como fato mais expressivo, que a interação tratamentos (pais e progênies) x época foi significativa ( $P \leq 0,01$ ). Depreende-se que o

comportamento dos tratamentos não foi coincidente nas diferentes épocas. Ressaltou-se, nessas análises, que o modelo explicou quase toda a variação observada nas notas atribuídas pelos avaliadores, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 94%.

A análise conjunta das gerações e épocas é apresentada na Tabela 3. Novamente, a maioria das fontes de variação foi significativa ( $P \leq 0,01$ ). Destaca-se que houve diferença significativa entre as gerações. Constatou-se que, independente da época e das progênies, a média obtida com as progênies  $F_{2:3}$  (2,76) foi maior que a obtida com as plantas  $F_2$  (2,35), ou seja, 17,4% superior.

O contraste progênie vs pais não foi significativo ( $P \leq 0,078$ ) para o escurecimento dos grãos. Esse resultado indica que, para esse caráter, o desempenho médio das progênies em cada geração foi semelhante ao desempenho médio dos pais, mostrando que há possibilidade de identificar progênies com notas diferentes à dos pais.

Detectou-se diferença significativa entre as progênies e interações progênies x gerações, indicando que, na média das gerações, as notas médias das progênies foram diferentes. Contudo, o comportamento das progênies não foi coincidente nas duas gerações. Constatou-se também que a interação progênies x época foi significativa ( $P \leq 0,01$ ), possibilitando inferir que o comportamento das progênies também não foi coincidente nas três épocas de avaliação. De modo análogo, a interação tripla progênies x gerações x época também foi significativa (Tabela 3).

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos realçam as observações feitas anteriormente, ou seja, a estimativa da variância genética entre as progênies aumentou com o tempo de armazenamento. Esse resultado fica bem evidenciado por meio das estimativas de herdabilidade em ambas as gerações. Observa-se, contudo, que mesmo nas avaliações bem precoce, 30 dias, as estimativas de herdabilidade foi de grande magnitude, superior a 70%. Esse

resultado torna-se mais expressivo porque o erro associado à estimativa da herdabilidade foi de baixa magnitude, pequeno valor do intervalo de confiança.

Para melhor elucidar a ocorrência da interação, foram estimadas as correlações genéticas do desempenho médio das progênies dentro de cada geração de avaliação e, posteriormente, envolvendo as duas gerações. Vale salientar que, muito embora as interações envolvendo progênies x época fossem significativas, as estimativas da correlação foram relativamente altas, especialmente aquelas envolvendo as avaliações realizadas com 60 e 90 dias, tanto na geração  $F_2$  como na  $F_{2:3}$ . São particularmente expressivas as correlações genéticas envolvendo as plantas  $F_2$  e progênies  $F_{2:3}$ , que também podem ser consideradas de grande magnitude, na maioria dos casos

A existência de variabilidade para o escurecimento dos grãos de feijão tipo carioca entre as progênies  $F_2$  e  $F_{2:3}$  é realçada também na distribuição de frequência apresentada nas Figuras 4 e 5. Observou-se também que a média da linhagem VC-3 foi sempre inferior a do Majestoso, tendo a diferença se acentuado com o tempo de armazenamento, comprovando, como evidenciado na análise, que os dois genitores utilizados eram contrastantes para o tempo de escurecimento.

Como era esperado, houve aumento das notas médias das plantas  $F_2$  e das progênies  $F_{2:3}$  com o incremento da idade dos grãos. Por exemplo, a nota média na geração  $F_2$ , com 30 dias após a colheita, foi 72% da obtida aos 90 dias. A distribuição das frequências das notas de escurecimento dos grãos das progênies, em ambas as gerações, variou acentuadamente, especialmente com o envelhecimento dos grãos. Com 90 dias, na geração  $F_{2:3}$  por exemplo, as notas variaram de 1,0, grãos bem claros a 5, grãos escuros. O fato mais expressivo é que uma grande proporção das plantas  $F_2$  ou progênies  $F_{2:3}$  apresentou nota inferior a 2,0, isto é, com o fundo bem claro, mesmo nas avaliações realizadas 90 dias após a colheita, indicando ser um caráter de fácil seleção.

Procurou-se também verificar o controle genético por meio da segregação obtida na geração F<sub>2</sub>. Para isso, foram considerados como grãos claros aqueles que, aos 60 dias, receberam notas inferiores a 1,5. A frequência observada é apresentada na Tabela 4. Veja que a segregação obtida ajustou-se a proporção de 3:1,  $\chi^2 = 4,58$ , ( $P \leq 0,032$ ).



TABELA 3 Resumo da análise conjunta das notas de escurecimento do tegumento de grãos do feijão, envolvendo as gerações e as diferentes épocas de avaliação do tegumento da geração F<sub>2</sub> e F<sub>2:3</sub>.  
Lavras, MG, 2007.

	GL	SQ	QM	P
Avaliadores (A)	1	60,1835	0,6954	(0,016)
Tratamentos (T)	197	868,4942	4,4086	(0,000)
Entre pais	1	28,4926	28,4926	(0,000)
Entre progênies	195	838,5377	4,3001	(0,000)
Prog. vs pais	1	0,3722	0,3722	(0,078)
A x T	197	23,1672	0,1176	(0,340)
Época (C)	2	516,734	258,367	(0,000)
C x T	394	244,8316	0,6214	(0,000)
Progênies x C	390	241,5122	0,6193	(0,000)
Pais x C	2	2,2852	1,1426	(0,000)
C x Prog. vs Pais	2	0,0311	0,0155	(0,878)
C x A	2	58,6056	29,3028	(0,004)
C x A x Prog.	390	51,2330	0,1314	(0,060)
C x A x Pais	2	0,0456	0,0228	(0,819)
C x A x Prog. vs Pais	1	0,0202	0,0101	(0,764)
C x A x T	394	51,2988	0,1302	(0,071)
Gerações (G)	1	100,7019	100,7019	(0,000)
G x A	1	10,5533	10,5533	(0,000)
G x T	197	106,1633	0,5389	(0,000)
G x Prog.	195	103,1432	0,5289	(0,000)
G x Pais	1	0,1426	0,1426	(0,260)
G x Prog. vs Pais	1	2,8775	2,8775	(0,000)
G x C	2	28,8884	14,4442	(0,000)
G x A x T	197	30,0031	0,1523	(0,005)
G x A x C	2	17,2916	8,6458	(0,000)
G x T x C	394	99,0516	0,2514	(0,000)
G x Prog. x C	390	97,0999	0,2489	(0,000)
G x Pais x C	2	1,9352	0,9676	(0,000)
G x C x Prog. vs Pais	2	0,0165	0,0083	(0,932)
G x A x T x E	394	44,0886	0,1119	
Média	2,55			
CV (%)	13,07%			

A existência de variação entre as progênies pode também ser comprovada por meio das estimativas dos parâmetros genéticos apresentados nas Tabelas 5 e 6.

TABELA 4 Freqüências observadas e esperadas, considerando-se a segregação de 3 escuros: 1claro, na geração F<sub>2</sub>. Foram considerados claros os grãos que receberam, na média dos avaliadores, nota inferior a 1,5. Lavras, MG, 2007.

F <sub>2</sub> 60 dias	Fe O	Fe E
Escuro	160	147
Claro	36	49
Total	196	196

$$\chi^2 = 4,58, (P \leq 0,032)$$

TABELA 5 Estimativas da variância genética ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e herdabilidade ( $h^2$ ) entre progênies F<sub>2</sub>, em cada época de avaliação das notas de escurecimento dos grãos de feijão. Lavras, MG, 2007.

Estimativas	Dias após colheita		
	30	60	90
$\sigma_p^2$	0,123	0,3184	0,7348
LI <sup>1/</sup>	0,105	0,269	0,617
LS <sup>1/</sup>	0,142	0,382	0,890
$\sigma_F^2$	0,176	0,382	0,821
$h^2$	77,62	85,60	90,56
LI	70,38	80,96	87,51
LS	83,03	89,12	92,87

<sup>1/</sup>LI e LS – limites inferiores e superiores do intervalo de confiança, de  $\alpha=0,05\%$  de probabilidade.

TABELA 6 Estimativas da variância genética ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) e herdabilidade ( $h^2$ ) entre progênies F<sub>2,3</sub>, em cada época de avaliação das notas de escurecimento dos grãos de feijão. Lavras, MG, 2007.

Estimativas	Dias após colheita		
	30	60	90
$\sigma_p^2$	0,113	0,657	0,958
LI <sup>1/</sup>	0,093	0,552	0,836
LS <sup>1/</sup>	0,133	0,801	1,108
$\sigma_F^2$	0,152	0,729	1,051
$h^2$	74,17	90,13	91,10
LI	65,78	86,93	88,22
LS	80,49	92,55	93,28

<sup>1/</sup>LI e LS – limites inferiores e superiores do intervalo de confiança, de  $\alpha=0,05\%$  de probabilidade.

A cor dos grãos também foi avaliada também por meio de colorímetro. O que está mais relacionado com o objetivo desse trabalho é o eixo L\*, isto porque, o valor varia de 0 completamente preto, a 100 completamente branco. A análise de variância dos valores de L\* é apresentada na Tabela 4 A. Verifica-se que ocorreu diferença significativa entre as progênies, indicando que elas diferem com relação ao padrão de cor (Tabela 7).

TABELA 7 Valor das avaliações da cor do tegumento dos grãos F<sub>2</sub> por meio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-310 e notas médias do eixo L\* da avaliação de cor por meio visual. Lavras, MG, 2007.

Plantas F <sub>2</sub>	Notas	L* <sup>1</sup>
3	1,5	58,42a
23	1,0	56,05a
35	1,5	58,75a
90	1,5	57,29a
95	1,5	59,37a
Média prog. claras	1,5	
5	3,0	39,97c
6	3,5	41,74c
7	3,0	42,30c
138	3,0	45,68b
142	2,5	40,56c
Média prog. escuras	3,5	

L\*- valor que varia do preto ao branco, <sup>1</sup>- médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott ,  $\alpha= 5\%$  de probabilidade.

Utilizando-se as progênies F<sub>2,3</sub>, foi obtida também para algumas progênies, a quantificação do tanino no tegumento dos grãos. Novamente houve boa correspondência entre as notas médias atribuídas pelos avaliadores e o teor de tanino (Tabela 8). Os feijões mais escuros apresentaram média de maior magnitude para o teor de tanino. A análise de variância (Tabela 4A) mostrou que houve diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) no teor de tanino apresentado pelas progênies.

TABELA 8 Notas médias da avaliação de cor por meio visual e quantificação de tanino das progênes F<sub>2:3</sub>. Lavras, MG, 2007.

Progênes F <sub>2:3</sub>	mg de TC/mg amostras	Notas de grãos aos 90 dias
35	0,035	1,5
41	0,035	1,5
59	0,035	1,5
106	0,027	1,5
177	0,039	1
Média das prog. de tegumento claro	0,034	
5	0,107	5
6	0,151	5
120	0,108	5
133	0,112	5
181	0,104	4,5
Média das prog. de tegumento claro	0,117	

TABELA 9 Estimativas das correlações genética do desempenho médio das progênes nas diferentes idades de avaliação e considerando a mesma geração ou em gerações diferentes, para as notas.

		Gerações				
		F <sub>2</sub>		F <sub>2:3</sub>		
	Idade (dias)	60	90	30	60	90
F <sub>2</sub>	30	0,96	0,79	0,76	0,70	0,70
	60	-	0,99	0,68	0,78	0,81
	90	-	-	0,59	0,74	0,81
F <sub>2:3</sub>	30	-	-	-	0,66	0,54
	60	-	-	-	-	0,92

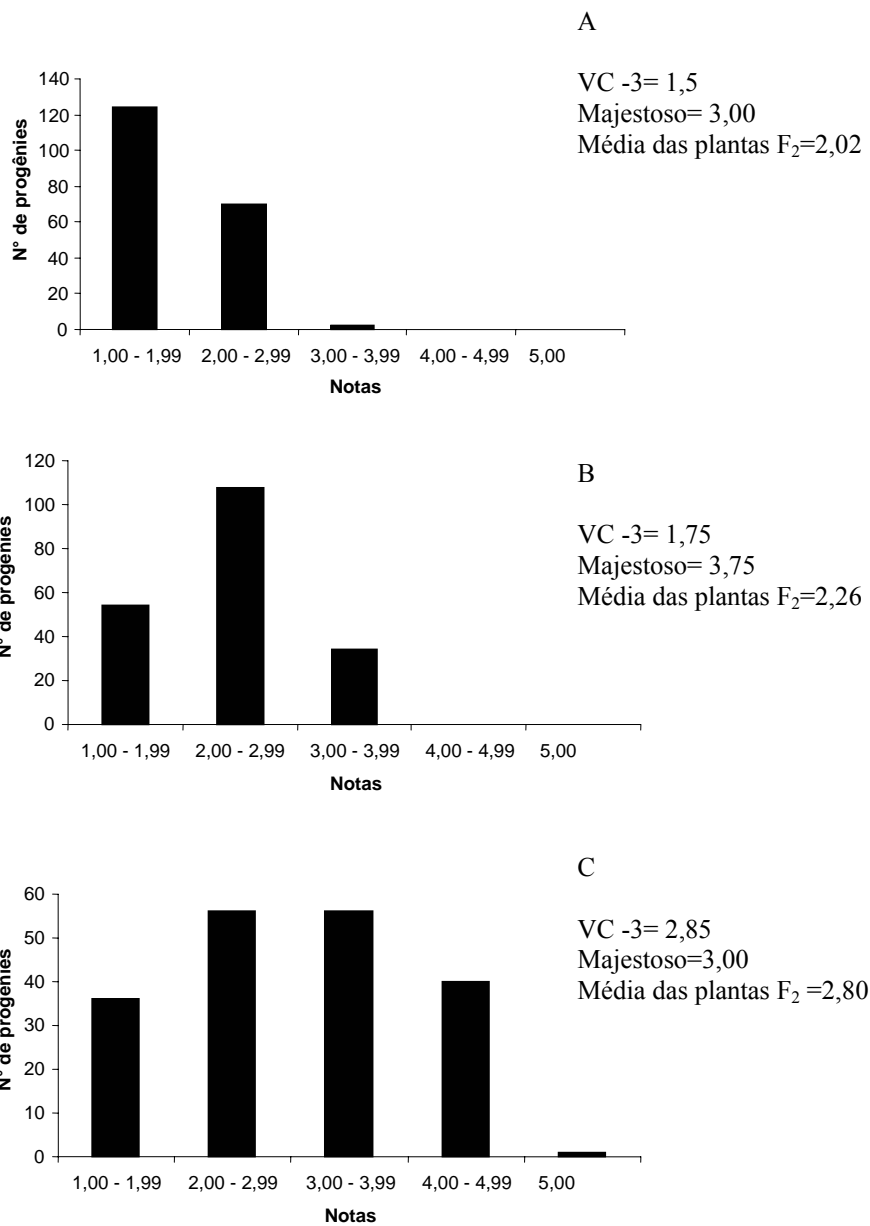


FIGURA 4 Distribuição das freqüências das médias das notas da geração  $F_2$ , aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias, respectivamente. Lavras, MG, 2007

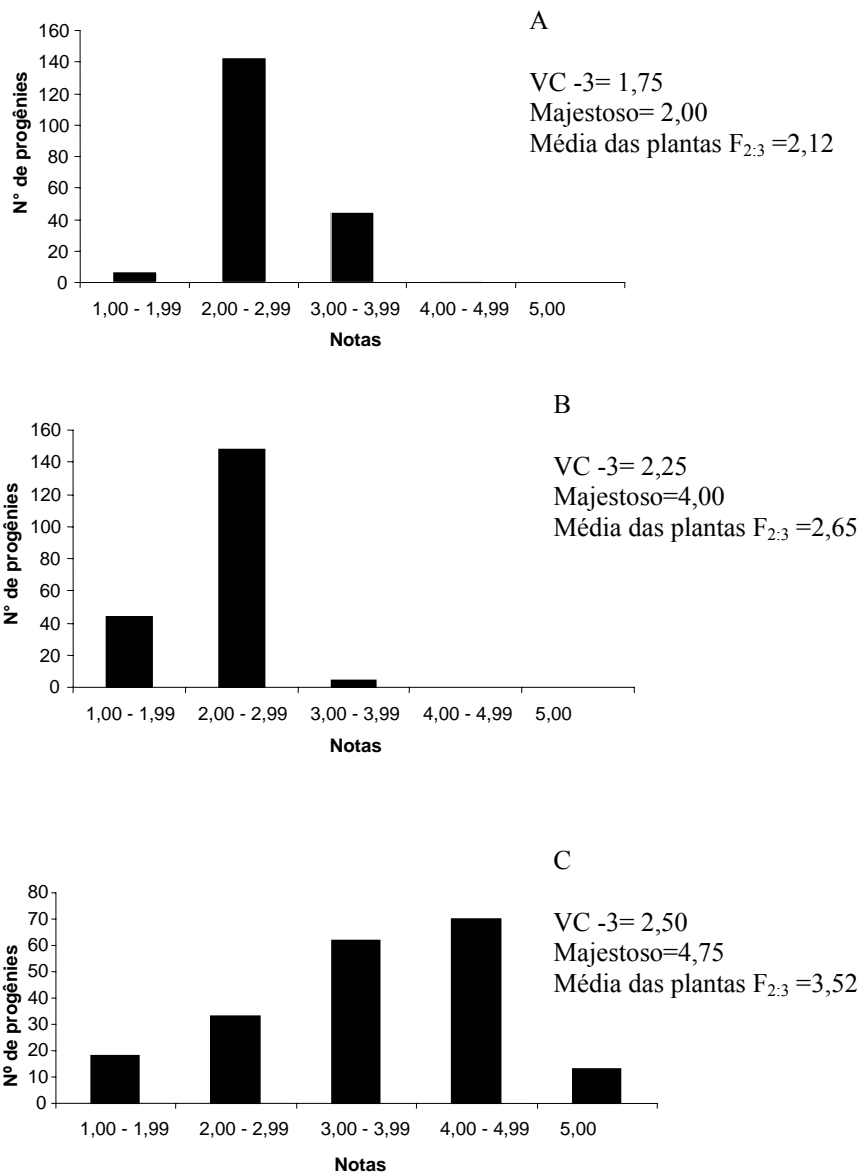


FIGURA 5 Distribuição das freqüências das médias das notas da geração  $F_{2:3}$ , aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias, respectivamente. Lavras, MG, 2007

## 5 DISCUSSÃO

Os genitores utilizados confirmaram que eram contrastantes para o caráter escurecimento dos grãos (Tabelas 1A, 2A e 3). Nos dois experimentos utilizados, especialmente nas avaliações mais tardias, a linhagem VC-3 apresentou grãos mais claros que o genitor Majestoso. Essa é uma condição essencial na condução de um trabalho dessa natureza.

Ao que tudo indica, o escurecimento mais precoce dos grãos de feijão está associado ao teor de polifenóis, especialmente o tanino (Beninger et al., 2005; Junk-knievel et al., 2007). Esse fato também foi constatado neste trabalho, pois, na avaliação das cinco progênes mais escuras, pelas notas dos dois avaliadores, o teor médio de tanino foi de 0,117 mg/TC, ou seja, 3,42 vezes superior ao obtido com as cinco progênes mais claras (0,034 mg/TC).

Contudo, a análise de tanino é demorada, cara e o grão tem que ser destruído. Outra alternativa seria avaliar a cor do tegumento com um colorímetro, para se fazer a leitura num sistema tridimensional, avaliando-se a cor em três eixos. Esse procedimento tem sido utilizado com relativa frequência em trabalhos visando à avaliação da cor dos grãos de feijão (Brackmann et al., 2002; Junk-knievel et al., 2007).

Na avaliação de dez plantas  $F_2$ , utilizando as notas dos avaliadores, as cinco mais claras e as cinco mais escuras foram coincidentes com o padrão claro e escuro do colorímetro (Tabela 7). Por isso, neste trabalho, optou-se por avaliar o escurecimento por uma escala de notas. O procedimento mostrou-se factível, pois, embora ocorresse diferença significativa entre os dois avaliadores, profissionais com experiência na cultura não ocorreu interação expressiva avaliadores x progênes, como pode ser constatado por meio das estimativas do erro experimental (Tabelas 1A, 2A e 3). Nas duas gerações, eles foram de baixa



magnitude (coeficiente de variação experimental inferior a 15%) (Tabelas 1A e 2A). Considerando o grande número de progênies de feijão que os melhoristas normalmente analisam em cada geração, a utilização de uma escala de notas é uma alternativa viável.

O procedimento para armazenar as sementes e não dificultar as avaliações mostrou-se útil. Os grãos de uma planta da geração  $F_2$  ou da mistura das plantas da geração  $F_{2,3}$  foram colocados em um saco plástico transparente e sob uma bancada. Desse modo, as avaliações puderam ser realizadas sem movimentar as embalagens, pois a maior ou a menor exposição aos raios solares e ou a luz poderia alterar a manifestação do caráter. Essa é uma metodologia que pode ser facilmente implantada sem onerar o programa de melhoramento e sem acarretar trabalho excessivo.

Um outro questionamento é com relação ao momento de se proceder a avaliação para o caráter. Quando ele ocorre logo após a colheita, as diferenças não são expressivas. Com o envelhecimento, elas se acentuam, como foi constatado também nas duas gerações. Contudo, a demora acarreta dificuldade na condução do programa de melhoramento, pois a espera de 90 dias para se proceder as avaliações do escurecimento acarretariam praticamente, a impossibilidade de condução de três gerações por ano. Há possibilidade de acelerar o processo por meio de fatores ambientais, tais como luz ultravioleta, como realizado por Junk-knievel et al.(2007). Constatou-se que as estimativas da herdabilidade com 30 dias, embora inferiores às obtidas aos 60 e 90 dias, ainda foram de grande magnitude, superiores a 70% (Tabelas 1A e 2A). Depreende-se que a seleção com 30 dias pode ser realizada pelos melhoristas, nesse caso, sem retardar o programa de melhoramento.

Constatou-se que as progênies, independentes da geração e das épocas foram divergentes com relação às notas de escurecimento. As interações progênies x gerações, progênies x época e progênies x gerações x época foram

significativas (Tabela 3), indicando que o comportamento das progênies não foi coincidente nas diferentes épocas de avaliações e nas gerações.

É oportuno salientar que as estimativas das correlações do desempenho médio das progênies nas diferentes gerações e safras foram relativamente altas, especialmente as avaliações realizadas aos 60 e 90 dias nas duas gerações. Quando ocorre interação e as estimativas das correlações genéticas são altas, infere-se que a interação é predominantemente do tipo simples (Cruz et al., 2004), ou seja, não altera a classificação das progênies de modo expressivo. Esse fato é constatado observando-se o desempenho médio das melhores progênies nas diferentes safras e gerações. De modo geral, as progênies que se destacaram em uma geração ou época foram praticamente as mesmas nas demais épocas ou geração. Por exemplo, as progênies 3, 9, 33, 54, 55, 62, 63, 80, 90 e 175 estiveram sempre entre as melhores. A mesma observação é válida para as progênies com escurecimento mais acelerado, que obtiveram maiores notas. Nesse caso, as progênies 31, 49, 68, 81, 101, 145, 150, 162, 189 e 193 foram destaques negativo em praticamente todas as situações. Por essa razão, a ênfase será direcionada aos resultados médios, independentemente do momento da avaliação.

Em praticamente todas as situações, a média dos pais foi semelhante à média das progênies. Considerando todas as gerações e épocas de avaliação, a média dos pais foi de 2,84 e, das progênies, de 2,56. Quando a média dos pais é semelhante à média das progênies, infere-se que há predominância dos efeitos aditivos no controle do caráter (Ramalho et al., 2004). Se essa observação for válida, o efeito de gerações deve ser também não significativo. Contudo, observando-se os dados da tabela 3, verificou-se que o efeito de gerações foi significativo ( $P \leq 0,01$ ).

Vale salientar, contudo, que o efeito de gerações é confundido com o de safra, uma vez que as gerações foram obtidas em safras diferentes. A média da

geração F<sub>2</sub>, independente da época, foi de 2,36 e, das progênes F<sub>2:3</sub>, de 2,76. Há vários fatores ambientais que afetam o escurecimento dos grãos de feijão, além do tempo de armazenamento, tais como alta umidade, temperatura, luz, tipo de embalagem, etc. (Park & Maga, 1999). No caso, a umidade dos grãos das duas gerações foi semelhante, porém, a temperatura e a umidade do ambiente no local do armazenamento variou. Os grãos da geração F<sub>2</sub> foram colhidos em novembro e já os da geração F<sub>2:3</sub>, em fevereiro. Assim, parte da diferença pode ser atribuída ao efeito ambiental.

A presença de efeitos aditivos no controle do caráter pode ser observada também por meio da distribuição de frequência das médias apresentadas nas Figuras 4 e 5. É esperado que, quando ocorrem efeitos aditivos, as frequências têm uma distribuição normal (Ramalho et al., 2004). Verificou-se que a distribuição das notas não tem um ajuste normal muito perfeito, especialmente nas avaliações de 30 e 60 dias. Provavelmente, a avaliação por meio de notas não possibilitou que o ajuste fosse perfeito, sobretudo porque, com o tempo de armazenamento, não se obtiveram notas em todo o intervalo de variação possível, isto é, de 1 a 5, como ocorreu na avaliação aos 90 dias.

A existência de variabilidade genética entre as progênes pôde ser constatada também por meio das estimativas da variância genética (Tabela 5 e 6). As estimativas de h<sup>2</sup> foram todas de grande magnitude, como já comentado. Vale ressaltar, no entanto, que as estimativas de h<sup>2</sup> obtidas são no sentido amplo, pois entre as plantas F<sub>2</sub> a variância genética contém  $\hat{\sigma}_{P_{F_2}}^2 = 1 \hat{\sigma}_A^2 + 1 \hat{\sigma}_D^2$ . Já entre progênes F<sub>2:3</sub>  $\hat{\sigma}_{P_{F_{2:3}}}^2 = 1 \hat{\sigma}_A^2 + 1/4 \hat{\sigma}_D^2$  (Ramalho et al., 1993). Em ocorrendo dominância no controle do caráter, as estimativas do ganho esperado com a seleção utilizando essa h<sup>2</sup> ficam superestimadas. Infelizmente, não foram encontrados relatos, na literatura, que possibilitassem comparar as estimativas obtidas no presente trabalho. Vale salientar que foi estimada a herdabilidade realizada (h<sup>2</sup><sub>R</sub>), considerando as avaliações com 90 dias entre as plantas F<sub>2</sub> e

progênies  $F_{2:3}$ . O valor foi muito alto ( $h^2_R=0,8130$ ), indicando que deve ser esperado sucesso com a seleção.

Uma constatação importante foi a de que as estimativas de  $h^2$  cresceram com o tempo de armazenamento, ou seja, houve maior divergência genética entre as plantas e ou progênies com o tempo. Depreende-se, como já comentado, que a seleção proporciona maior ganho, se realizada aos 90 dias. Contudo, mesmo com 30 dias, o sucesso com a seleção deverá ser grande.

Procurou-se também verificar um possível controle genético por meio de genes maiores. O difícil, nesse caso, é estabelecer o critério da nota para considerar o fenótipo como claro ou escuro. Optou-se por considerar como claras todas as plantas da geração  $F_2$  com nota inferior a 1,5 aos 60 dias. Verificou-se que, nessa condição, a segregação se ajusta à proporção de 3 grãos escuros para 1 grão claro, indicando que provavelmente no controle do caráter esteja envolvido um gene com dominância do alelo de escurecimento rápido.

É provável que este gene seja um dos envolvidos no controle do maior ou menor teor de tanino nos grãos. Em que o alelo dominante seja responsável pelo maior teor de tanino.

Seria importante, em trabalhos futuros, que fosse verificada uma possível associação entre o escurecimento precoce dos grãos do feijão carioca e o tempo de cozimento. É conhecido que os feijões mais velhos ficam mais escuros e demandam mais tempo para cozinhar (Barrón et al., 1996; Ribeiro et al., 2007), o que é uma restrição séria com a cultura do feijão. Se as linhagens com cores mais claras, mesmo após 90 dias de armazenamento, não tivessem o tempo de cozimento ampliado, essa seria uma grande vantagem, além do aspecto de facilidade de comercialização. Com uma cultivar desse tipo, os agricultores poderiam esperar mais tempo para comercializar os grãos colhidos, visando à obtenção de melhores preços na entressafra, mantendo, contudo, a qualidade do produto.

## 6 CONCLUSÕES

A escala de notas foi eficiente em discriminar as progênies com relação ao escurecimento dos grãos.

A herdabilidade do caráter aumenta com o tempo de armazenamento, contudo, mesmo com 30 dias, ela foi alta o suficiente para permitir o sucesso com a seleção.

A segregação obtida, considerando-se como de cor clara grãos das plantas  $F_2$  que receberam notas inferiores a 1,5, indica que o caráter deve ser controlado por um gene com dominância do alelo que condiciona grãos escuros precocemente.

## APÊNDICE

TABELA 1A Resumo da análise de variância individual obtida no experimento envolvendo as plantas F<sub>2</sub> nas diferentes épocas de avaliação das notas de escurecimento do tegumento dos grãos de feijão. Lavras, MG, 2007.

		Dias após colheita					
		30		60		90	
FV	GL	QM	P	QM	P	QM	P
Avaliadores	1	26,402	(0,000)	0,094	(0,356)	6,188	(0,000)
Tratamentos	197	0,3529	(0,000)	0,7644	(0,000)	1,6426	(0,000)
Entre pais	1	4,0000	(0,000)	2,4806	(0,000)	6,2500	(0,000)
Prog vs pais	1	0,4735	(0,015)	0,6255	(0,018)	0,0992	(0,424)
Entre progênies	195	0,3264	(0,043)	0,7468	(0,009)	1,6246	(0,001)
Erro	197	0,079		0,110		0,155	
Média		1,94		2,30		2,81	
CV (%)		14,49%		14,37%		13,97%	
h <sup>2</sup> (%)		77,62%		85,60%		90,56%	

TABELA 2A Resumo da análise de variância individuais obtidas no experimento envolvendo as plantas F<sub>2,3</sub> nas diferentes épocas de avaliação das notas de escurecimento do tegumento dos grãos de feijão. Lavras, MG, 2007.

		Dias após colheita					
		30		60		90	
FV	GL	QM	P	QM	P	QM	P
Avaliadores	1	0,205	(0,109)	5,818	(0,000)	48,440	(0,000)
Tratamentos	197	0,3055	(0,000)	1,491	(0,000)	2,1356	(0,000)
Entre pais	1	0,5625	(0,008)	9,000	(0,000)	10,5625	(0,000)
Prog vs pais	1	0,0000016	(0,996)	0,009	(0,921)	0,1604	(0,000)
Entre progênies	195	0,3058	(0,000)	1,459	(0,000)	2,1025	(0,355)
Erro	197	0,079		0,144		0,187	
Média		2,12		2,65		3,52	
CV (%)		13,23%		14,33%		12,30%	
h <sup>2</sup> (%)		74,18%		90,30%		91,25%	

TABELA 3A Resumo das análises de variância das notas de escurecimento do tegumento dos grãos de feijão obtidas no experimento envolvendo as plantas F<sub>2</sub> ou progênies F<sub>2:3</sub>, nas diferentes épocas de avaliação. Lavras, MG, 2007.

	GL	F <sub>2</sub>		F <sub>2:3</sub>	
		QM	P	QM	P
Avaliadores (A)	1	2,9153	(0,000)	8,3335	(0,000)
Tratamentos (T)	197	2,1672	(0,000)	2,7805	(0,000)
Entre pais	1	12,3000	(0,000)	16,3200	(0,000)
Entre progênies (P)	195	2,106	(0,000)	2,7000	(0,000)
Prog. Vs pais	1	1,0729	(0,000)	0,0309	(0,632)
T x A	197	0,1343	(0,000)	0,1356	(0,995)
Época (C)	2	75,5371	(0,000)	197,2742	(0,000)
C x A	2	14,8839	(0,000)	23,0646	(0,000)
T x C	394	0,2959	(0,000)	0,5769	(0,000)
T x C x A	394	0,1046		0,1376	
TOTAL	1187				
Média		2,35		2,76	
CV (%)		13,74%		13,41%	
R <sup>2</sup>		0,948		0,958	



TABELA 4A Resumo das análises de variância do valor do eixo L\* obtido com o colorímetro da marca Minolta modelo CR-310 e teor de tanino do tegumento dos grãos de feijão das progênies F<sub>2,3</sub>. Lavras, MG, 2007.

FV	L*			Tanino		
	GL	QM	P	GL	QM	P
Repetições	1	0,001	0,348	1	4,247	
Progênies	9	0,004	0,000	9	367,136	0,000
Erro	9	0,001	-	9	5,088	
Média		0,075			50,019	
CV (%)		5,97			4,510	

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. D'A de; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v. 30, p. 33-38, 1971.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Journal of Food Chemistry**, v. 47, p. 59-167, 1993.
- BARRÓN, J. M.; COTA, A. G.; ANDUAGA, R.; RENTERÍA, T. R. Influence of the hard-to-cook defect in pinto beans on the germination capacity, cookability and hardness of newly harvested grains. **Tropical Science**, v.36, p. 1-5, 1996.
- BASSET, M. J. List of genes – *Phaseolus vulgaris* L. **Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, n. 47, p. 1-24, 2004.
- BENINGER, C. W.; GU, L.; PRIOR, R. L.; JUNK, D.C.; VANDENBERG, A.; BETT, K. E. Changes in polyphenols of the seed coat during the after-darkening process in pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal Agricultural Food Chem.**, v.53, p. 7777-7782, 2005.
- BENNETT, B. Counting beans. **Better Homes & Gardens**. Ago. 2002.
- BENNINK, M. Eat beans for good health. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 48, p. 1-5, 2005.
- 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, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 13-15.
- BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; DALFOLLO, N. R.; FREITAS, S. T. 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, 2002.

BRUM, S. S.; CARNEIRO, H.; S. SOBRINHO, F.; ARCURI, P. B. ; LIMA, J. C. F. Tanino condensado em forrageiras, novo método de extração. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 2005, Victoria. **Proceedings...** Victoria: Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 2005.

BURR, H. K.; KON, S.; MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, v. 22, p. 336-338, 1968.

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

CARBONELL, 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.

CATELLANOS, J. Z.; MALDONADO, S. H. Z. Effect of hard shell on cooking time of common beans in the semiarid highlands of México. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 37, p. 103-105, 1994.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Produção de feijão**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 nov. 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480p.

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

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A. Genetics analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and tannin content of Andean dry beans. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 4, p. 512-518, July 1997.

ESTEVEES, A. M. **Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FOSTER-POWELL, K.; MILLER, J. B. International tables of glycemc index. **American Journal Clin. Nutr.**, v. 62, p.871S-890S, 1995.

IBARRA-PÉREZ, F. J.; CASTILHO ROSALES, A.; CUELLAR EVENOR, I. Theshing effect on cooking time in comercial beans cultivars from the semiarid highlands of México. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, p. 264-265, 1996.

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**, v. 47, p. 694-700, 2007.

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

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

LUTHRIA, D. L.; PASTOR-CORRALES, M. A. Phenolic acid profiles of beans commonly consumed in the United States. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.**, v.49, p. 6-8, 2006.

MENDONÇA, H. A. **Controle genético da reação ao fungo *Colletotrichum lindemuthianun***. 1996. 60p.Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOURA, A. C. de C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-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.

NIJVELDT, R. J.; VAN NOOD, E.; VAN HOORN, D. E. C.; BOELEN, P. G.; VAN NORREN, K.; VAN, LEEUWEN, P. A. M. Flavonoids: a review of

probable mechanism of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.74, p.418-425, 2001.

PARK, D.; MAGA, J. A. Dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) color stability as influenced by time and moisture content. **Journal Food Process. Preserv.**, v. 23, p. 515–522, 1999.

PAULA, S. R. R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PENNINGTON, J. **Bowers & Church's food values of portions commonly used**. 17.ed. Philadelphia: Lippincott, 1998. 481 p.

PORTER, L. J.; HRSTICH, L. N.; CHAN, B. G. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. **Phytochemistry**, v. 25 , p. 223, 1985.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 326 p.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 3.ed. Lavras, MG: UFLA, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. **Cultivares: feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 415-436.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 263-266.

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

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORREA, A. D. Efeitos da época de colheita e do tempo de armazenamento no escurecimento do tegumento do feijão.

**Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 550-558, 2002.

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

RODRIGUES, J. de A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; C. FILHO, A.; GARCIA, D. C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, jan./fev. 2005.

SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-65.

SATTERTWAITE, F. E. An approximate distribution of estimatives of variance components. **Biométrics**, Raleigh, v. 2, n. 6, p. 110-114, Dec. 1946.

TERRIL, T. H. et al. Condensed tannin concentration in *Sericea lespedeza* as influenced preservation method. **Crop Science**, v. 30, p.219-224, 1990.

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

WHITEHEAD, C. S.; SWARDT, G. H. Extraction and activity of polyphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*. **South African Journal of Botany**, Pretória, v. 1, p. 127-130, 1982.