

**EFEITO MATERNO ASSOCIADO À
CAPACIDADE DE COZIMENTO DO
FEIJOEIRO**

SILVIA REGINA RODRIGUES DE PAULA

2004

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

Paula, Silvia Regina Rodrigues

Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro / Silvia Regina
Rodrigues Paula. -- Lavras : UFLA, 2004.

53 p. : il.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Melhoramento genético Vegetal. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-635.65223

SILVIA REGINA RODRIGUES DE PAULA

**EFEITO MATERNO ASSOCIADO À CAPACIDADE DE
COZIMENTO DO FEIJOEIRO**

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

Orientador

Prof. Magno Antonio Patto Ramalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

SILVIA REGINA RODRIGUES DE PAULA

**EFEITO MATERNO ASSOCIADO À CAPACIDADE DE
COZIMENTO DO FEIJOEIRO**

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

Aprovada em 29 de julho de 2004

Profa. Édila Vilela de R. Von Pinho

UFLA

Dra. Ângela de F. B. Abreu

EMBRAPA/UFLA

Prof. Magno Antonio Patto Ramalho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus e ao Santo Expedito,
Por me dar muita saúde
E me ajudar em tudo que peço

OFEREÇO

À minha mãe, Ilza, meu pai, Geraldo, meus irmãos Mônica e Ricardo e ao meu noivo, Alexandre, por todo companheirismo, ajuda, compreensão e amor não só no decorrer do curso de Mestrado, mas em todos os momentos de minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu querido orientador Prof. Magno, pela orientação, paciência, disponibilidade e principalmente pelo exemplo de profissionalismo. MUITO OBRIGADA.

À Dra. Ângela pela co-orientação, ensinamentos transmitidos, amizade e convivência agradável durante todo o curso. OBRIGADA.

Aos professores João Bosco, Elaine, João Cândido e Lisete e em especial ao Prof. César Brasil por toda ajuda. MUITO OBRIGADA POR TUDO.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, pela ajuda na realização do trabalho.

Aos meus amigos do curso de Genética; Alexandre, Rafael, Ildon, Taislene e Flávia, que muito ajudaram nos grupos de estudo e, em especial, ao Airton pela ajuda e paciência com as análises estatísticas.

Aos amigos do GEN e, em especial, às minhas amigas Rose, Nara e Flavinha pelo companheirismo e pela amizade.

Às amigas de república Dani, Lê, Mari e Flávia pela convivência, experiência e companheirismo. MUITO OBRIGADA POR TUDO.

Às minhas fiéis amigas que, mesmo longe, me deram todo apoio, Gislayne, Carol, Tia Zânia, Bilux, Cris, Taninha e a todos os meus amigos.

A todos os meus familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA A TODOS E PEÇO DESCULPAS POR QUALQUER FALHA DE MINHA PARTE.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 A semente de feijão	03
2.2 Valor nutricional e composição química da semente de feijão.....	05
2.3 Propriedades culinárias.....	09
2.3.1 Efeitos do armazenamento na capacidade de cozimento.....	10
2.3.2 Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento.....	12
2.3.3 Influência das propriedades do tegumento na capacidade de cozimento...14	
2.4 Variabilidade genética para tempo de cozimento.....	16
2.5 Controle genético da capacidade de cozimento.....	17
2.6 Efeito Materno.....	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1 Local.....	21
3.2 Materiais utilizados.....	21
3.3 Cruzamentos.....	22
3.4 Avaliação do tempo de cozimento.....	22
3.4.1 Avaliação dos genitores e da geração F ₁	23
3.4.2 Avaliação da geração F ₂	23
3.4.3 Avaliação da geração F ₃	24
3.5 Análise dos dados.....	24
4 RESULTADOS.....	27
5 DISCUSSÃO.....	43

6 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

**EFEITO MATERNO ASSOCIADO À
CAPACIDADE DE COZIMENTO DO
FEIJOEIRO**

SILVIA REGINA RODRIGUES DE PAULA

2004

RESUMO

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

O tempo de cocção dos grãos de feijão é um dos principais fatores envolvidos com a adoção de uma cultivar de feijão. Ainda há dúvidas de qual(is) constituinte do grão afeta esse caráter. Como o tegumento e os cotilédones estão em gerações diferentes quando da condução de populações segregantes, é indispensável identificar qual dessas estruturas afeta a cocção e assim orientar os trabalhos de melhoramento. Para obter essa informação, foram avaliados os genitores, as gerações F_1 , F_2 , F_3 e seus recíprocos dos seguintes cruzamentos: CI-107 x Carioca-80, CI-107 x Amarelinho e CI-107 x G2333 e seus respectivos recíprocos. Os grãos das diferentes gerações foram avaliados sempre com a mesma idade. Para isto, os grãos após a colheita foram secos ao sol, colocados em sacos de papel e armazenados em condições ambiente por, pelo menos, sessenta dias. Os genitores e as gerações F_1 , F_2 e seus recíprocos foram avaliados em duas épocas. Já a geração F_3 , foi avaliada apenas em uma época. As avaliações do tempo de cozimento foram realizadas utilizando o cozedor experimental JAB-77 tipo minor, sendo anotado o tempo de cocção por grão. O tempo de armazenamento afetou o tempo de cozimento, contudo a interação populações x épocas, embora de um modo geral significativa, não alterou as inferências a respeito do constituinte dos grãos que mais afeta o tempo de cozimento. Constatou-se que o tegumento é o principal constituinte do grão de feijão responsável pelo tempo de cocção. Dessa forma, na expressão do caráter ocorre efeito materno; O controle genético mostrou que devem estar envolvidos genes com alelos que expressam dominância, no sentido de aumentar o tempo necessário à cocção dos grãos de feijão.

* Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA

* Co-orientadora: Ângela de Fátima Barbosa Abreu – EMBRAPA/UFLA

ABSTRACT

PAULA, Silvia Regina Rodrigues de. **Maternal effect associated with cooking ability of common bean grains.** 2004. 53 p. Dissertation (Master in Plant Genetics and Breeding) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Cooking time of common bean grains is one of the major factors that determine the acceptance of a cultivar by consumers. There are still doubts about which components of the grains determine this trait. Since the tegument and the cotyledons are in different generations in the segregating populations, it is necessary to identify which of these structures affect the cooking ability in order to establish breeding objectives. In this study, we evaluated the parentals, the F₁, F₂, and F₃ generations and the reciprocals of the following crosses: CI-107 x Carioca-80, CI-107 x Amarelinho and CI-107 x G2333. Grains from different generations were always evaluated at the same age. After harvest, the grains were sun-dried, placed in paper bags and then stored at room temperature for, at least, sixty days. Parentals and generations F₁ and F₂ were evaluated at two stages and the F₃ was evaluated only in one stage. Cooking time was performed in a JAB-77 experimental cooker for every grain. Storage time also affected the cooking time of common bean grains, but population x stages interaction, although significant, did not alter the inferences that could be made about the grain structures that affect cooking time. The tegument was the major grain structure responsible for its cooking time, showing the occurrence of maternal effect for cooking time. The genetic inheritance includes genes with dominant effects that increase cooking time.

*Guidance committee: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA (Adviser)
Ângela de Fátima Barbosa Abreu – EMBRAPA/UFLA

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) possui componentes e substâncias que tornam seu consumo vantajoso sob o ponto de vista nutricional, por ser considerado boa fonte de proteínas, fibras, vitaminas, carboidratos, minerais além de possuir compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças (Beninger & Hosfield, 2003). Por essa razão, cada vez mais, essa leguminosa tem feito parte da dieta diária da população brasileira e, por isso, tem sido cultivada na maioria dos estados brasileiros, durante todos os meses do ano e a sua produção provém de quase todo território nacional (Pereira, 1999).

Nos programas de melhoramento do feijoeiro, é imprescindível que as linhagens em um dado momento sejam avaliadas quanto ao tempo de cozimento, pois este é um dos caracteres de maior importância na aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores. Em trabalhos realizados anteriormente (Elia et al., 1997; Belicuas et al., 2002; Jacinto-Hernandez et al., 2003) ficou evidenciado que o caráter é controlado geneticamente, porém, a capacidade de cozimento é afetada pelas diferenças entre as linhagens, composição química e propriedades físicas da semente tais como: tamanho, peso, volume e composição da casca (Elia et al., 1997; Boros & Wawer, 2003), além de sofrer efeito pronunciado do ambiente (Carbonell et al., 2003; Boros & Wawer, 2004), especialmente relacionado às condições de armazenamento.

Um dos maiores problemas na condução de trabalhos que envolvem a avaliação do tempo de cocção é saber se essa característica deve-se a caracteres associados ao tegumento ou aos cotilédones. Isso porque como os cotilédones ou eixo embrionário têm efeito de xênia e o tegumento é tecido materno (Ramalho

et al., 2004), esses tecidos estão em gerações diferentes se forem avaliadas famílias oriundas das populações segregantes.

Como essa informação pode afetar a eficiência dos programas de seleção, foi conduzido o presente trabalho para verificar entre os constituintes dos grãos qual (is) afetam o tempo de cocção e, portanto, são limitantes na aceitação, ou não, de uma nova cultivar pelos consumidores, obter informações sobre o controle genético desse caráter e ainda se o tempo de armazenamento altera as inferências a respeito do constituinte do grão que mais afeta o tempo de cocção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A semente do feijão

A semente do feijão-comum é exalbuminada, isto é, não possui endosperma, pois este é completamente digerido de onze a doze dias após a fertilização e as reservas nutritivas são encontradas nos cotilédones. Elas apresentam formas variadas que vão desde esférica a quase cilíndrica. A semente possui quase todas as cores, e pode ser uniforme, pintada, listrada ou manchada. Estes aspectos são de grande importância, tanto agrônômica quanto comercial, pois a aceitação de uma cultivar tanto pelos agricultores, como consequentemente pelos consumidores estará diretamente relacionada com a cor, tamanho e forma das sementes (Santos & Gavilanes, 1998).

Na Figura 1 está apresentado um esquema do grão de feijão. A parte côncava corresponde ao hilo (cicatriz deixada pelo funículo, que conectava a semente com a placenta), geralmente elíptico, em cuja porção mais profunda existe um disco esbranquiçado. Na porção inferior do hilo, encontra-se uma depressão triangular, a micrópila, que é uma abertura na cobertura seminal, e é por meio desta abertura que se realiza, principalmente, a absorção de água; na parte superior, encontra-se a carúncula, formada por duas proeminências diminutas, separadas na sua porção central, que sofreu continuação numa linha elevada, e a rafe, que resulta da soldadura do funículo com o tegumento externo do óvulo. A estrutura interna, em corte transversal, mostra que a testa ou tegumento, que corresponde à membrana primidina do óvulo, é a capa protetora da semente e é formada por uma camada de células, semelhante às células paliçádicas, compostas de escleréideos (células muito espessas). Abaixo dessas camadas, existe outra camada de células bem menores que as interiores e que apresentam cristais. Os pigmentos que dão cor à semente são encontrados nestas

duas camadas celulares (Santos & Gavilanes, 1998). Com base na matéria seca da semente, o tegumento representa cerca de 9%, os cotilédones 90% e o eixo embrionário 1% (Mesquita, 1989).

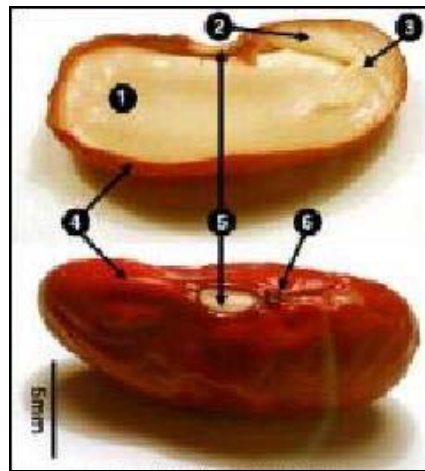


FIGURA 1: Grão de Feijão

- 1 – Cotilédones
- 2 – Radícula
- 3 – Gêmula
- 4 – Tegumento
- 5 – Hilo
- 6 – Micrópila

2.2 Valor nutricional e composição química da semente de feijão

Sob o ponto de vista nutricional, o feijão possui componentes e substâncias que tornam o seu consumo vantajoso. É considerado um substituto da proteína animal por possuir baixo teor de gordura e sódio e não conter nenhum colesterol, além de ser um acumulado de proteínas, fibras, complexo de carboidratos, vitaminas do complexo B e minerais.

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que a variação no teor de proteína não é expressiva e, em média, o teor de proteína bruta é de 28,5. A mesma observação é válida para o teor de fibra. Veja que no caso de lignina já ocorre uma maior variação e as linhagens IAC-Carioca-Aruã e CI-107 têm menor teor de lignina.

Os feijões têm deficiências em alguns aminoácidos especialmente os sulfurados. Contudo, essa deficiência é suprida pelo consumo dessa leguminosa com alguns cereais, especialmente o arroz, como é muito comum no Brasil (Tabela 2).

TABELA 1. Composição Química, Mineral e Digestibilidade Protéica *in vitro* de seis linhagens de feijão (Esteves, 2000).

	G2333	Carioca-80	Amarelinho	IAC-CarAruã	CI-107	Ouro Negro
Proteína Bruta (g/100g)	28,1	29,55	29,55	26,48	29,55	27,8
Fibra Bruta (g/100g)	5,83	5,8	5,8	5,0	4,57	4,9
Cinzas (g/100g b.s.)	4,05	4,26	4,47	3,98	4,12	4,38
Lignina (g/100g b.s.)	1,51	1,70	1,72	0,96	1,27	1,70
Cálcio (g/100g b.s.)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,22	0,22
Magnésio (g/100g b.s.)	0,20	0,24	0,23	0,20	0,20	0,22
Fósforo (g/100g b.s.)	0,39	0,42	0,46	0,37	0,45	0,41
Potássio (g/100g b.s.)	1,79	1,78	1,78	1,55	1,70	1,96
Ferro (mg/100g b.s.)	8,8	9,0	8,9	8,1	9,5	10
Cobre (mg/100g b.s.)	0,50	0,44	0,82	0,50	0,78	0,61
Zinco (g/100g b.s.)	3,15	3,08	3,09	2,85	3,3	2,62
Manganês (g/100g b.s.)	1,3	1,4	0,99	0,82	1,09	1,2
Enxofre (g/100g b.s.)	0,10	0,12	0,14	0,12	0,12	0,12
Digestibilidade protéica (%)	56,91	56,91	49,88	53,86	64,38	68,47

TABELA 2. Aminoácidos essenciais no feijão e no arroz (mg/g) (Borém & Carneiro, 1998).

Aminoácidos	Feijão	Arroz
Isoleucina	100	94
Leucina	201	188
Lisina	141	85
Aromáticos	273	281
Sulfurados	46	123
Triptofano	113	79
Valina	115	121

O feijão é um dos mais importantes constituintes da dieta do brasileiro, não só como fonte de proteínas, mas também por possuir bom conteúdo de carboidratos, fibras e minerais. Em função de sua composição, vários relatos de benefícios do consumo de feijão são comuns na literatura, tais como:

- Ferro: o feijão possui quantia semelhante de ferro à encontrada na carne de boi (Bennett, 2002).
- Cálcio: para pessoas que não podem comer comidas lácteas, o feijão é uma boa fonte de cálcio, contendo a quantidade necessária que deveria ser ingerida diariamente (Pennington, 1998).
- Fósforo, potássio, magnésio, cobre e zinco: são essenciais no fortalecimento dos ossos. Fósforo, magnésio e potássio estão associados com a regulação de pressão alta (Pennington, 1998) e zinco é essencial para o crescimento do corpo, ainda com função regulatória de insulina e sistema imune (Bennett, 2002).
- Folatos: são essenciais para mulheres grávidas, pois ajudam a prevenir defeitos no tubo neural do feto. Além de reduzir, durante o envelhecimento, níveis elevados de homocisteína no sangue, substância que pode causar doenças do

coração, infarto e Mal de Alzheimer. O folato pode também reduzir o risco de câncer cervical e de cólon (Pennington, 1998; Bennett, 2002).

Outros benefícios à saúde estão relacionados às fibras encontradas no feijão. A maioria das fibras é “insolúvel” em água e pode ajudar a prevenir câncer de cólon, diverticulose e outros problemas intestinais. O resto das fibras é “solúvel” em água e pode ajudar a reduzir o colesterol do sangue e o risco de doença do coração em aproximadamente 20%. Também ajuda no controle dos níveis de glicose no sangue em pessoas com diabetes e possivelmente reduz a necessidade por medicamentos para diabetes como a insulina (Pennington, 1998).

O feijoeiro é também uma fonte rica em antioxidantes e pode trazer benefícios à saúde. Beninger & Hosfield (2003), testando a atividade antioxidante de flavonóides, pigmentos das plantas, encontrados em 12 linhagens comuns de feijões, observaram que estes antioxidantes destroem radicais livres, que são substâncias químicas ativas cujo excesso foi relacionado com doenças do coração, câncer e envelhecimento. O feijão do tipo preto possui maior quantidade de flavonóides, tendo assim maior atividade antioxidante, que os outros feijões, seguidos por vermelho, marrom, amarelo e feijão branco. Em geral, as sementes coloridas mais escuras foram associadas a níveis mais altos de flavonóides tendo, portanto, atividade antioxidante mais alta. De acordo com Bushey et al. (2000) as antocianinas são os antioxidantes mais ativos no feijão. Alguns antioxidantes saudáveis em feijões são perdidos na água ao cozinhar, mas mesmo assim o nível de antioxidante permanece alto. Ainda serão necessários estudos em humanos para confirmar a ligação entre antioxidantes de feijão e a saúde e, até então, ninguém sabe o quanto de feijão uma pessoa precisa comer para que se possa ter boa saúde. Entretanto, este estudo acrescenta antioxidantes a uma lista crescente de substâncias químicas encontradas no feijão (Beninger & Hosfield, 2003).

Compostos fenólicos são uma das maiores classes de metabólitos secundários de plantas. Surgem essencialmente nas folhas, flores e frutos e outros tecidos de plantas. Estes compostos existentes nos alimentos pertencem geralmente a ácidos fenólicos, flavonóides, cumarinas e taninos. Muitas das propriedades dos produtos de origem vegetal estão associados à presença e ao seu conteúdo em polifenóis (Araújo, 1995). Os compostos fenólicos do feijão têm sido estudados porque eles reduzem a absorção de minerais e proteínas e devido ao seu papel no fenômeno hard-to-cook. Entretanto, as pesquisas atuais sugerem que os compostos fenólicos das plantas podem reduzir a incidência de doenças. Com esse intuito foi realizado um trabalho por Bennink & Barret (2004) visando quantificar o conteúdo fenólico no caldo e no grão de feijão. Foi observado que existe grande quantidade de compostos fenólicos no feijão e que mais de 50% desses fenólicos são lixiviados para o caldo. Se os compostos fenólicos são bons para saúde, estes se tornam em menor quantidade quando o caldo é descartado após o cozimento.

2.3 Propriedades culinárias

A aceitação de uma nova cultivar é dependente das suas propriedades culinárias, especialmente tempo de cozimento. A preocupação com esse caráter é de longo tempo. Já em 1966, em um curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Guazzelli (1966) assim expressou-se a esse respeito: “O método clássico da determinação do cozimento é submeter amostras de feijão à fervura, anotando o tempo gasto para ficar cozido. Naturalmente, deverá ser usado um meio de uniformizar o grau de consistência do feijão, indicando estar cozido, por meio de tenserômetro, estilete, ou outro expediente. Temos utilizado em nossos trabalhos, em pequena escala, um método desenvolvido por F. A. Quinones, da Universidade do Novo México, que consiste em estabelecer a porcentagem do ganho de peso de sementes, postas a macerar durante três horas. Os testes são

feitos com 4 repetições, e a análise dos resultados é feita usando-se transformação angular. As variedades que apresentam o maior ganho de peso têm maior facilidade de cozimento. Em testes feitos, tivemos variação de 70% a 17% de ganho de peso para variedades diversas testadas, de colheita recente. São atribuídas à variedade Preto Uberabinha virtudes excepcionais, com respeito a cozimento e envelhecimento, que serão pesquisadas.”

Considera-se tempo de cozimento de sementes de leguminosas o período necessário para o produto atingir grau de maciez aceitável pelo consumidor (Sartori, 1996). Vários são os fatores que interferem na capacidade de cozimento nas sementes de feijão como: armazenamento, absorção de água e as propriedades de tegumento.

2.3.1 Efeitos do armazenamento na capacidade do cozimento

Do início do desenvolvimento do embrião, na planta-mãe, até o processamento ou consumo final, fatores genéticos e ambientais interagem, modificando a qualidade dos grãos e sementes, afetando seu valor comercial e a aceitabilidade pelo consumidor.

Durante o armazenamento ocorre uma deterioração gradual, irreversível e cumulativa, cuja velocidade depende do ambiente, do produto em si e de sua condição no início da estocagem. A temperatura de armazenamento e a atividade da água no feijão são fatores chave na velocidade e na perda de qualidade.

A deterioração do feijão, durante a estocagem em condição ambiente, caracteriza-se pelo aumento do tempo necessário para o cozimento, aumento na dureza, mudanças no sabor e no escurecimento do tegumento em algumas cultivares. Estas mudanças são aceleradas pelo armazenamento em condições de alta temperatura e umidade (Sartori, 1996).

Ao que tudo indica, o tegumento consiste em menos de 1% do volume total da semente, é composto por materiais tais como celulose, hemicelulose e lignina

que teriam um papel na textura do feijão, assim como na absorção de água. Tem sido constatada correlação desses componentes químicos com a absorção de água e evidentemente também com o cozimento dos grãos (Sartori, 1996).

O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas leguminosas, que acontece pouco depois da colheita, está relacionado com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles, a lignina. Esta é uma substância orgânica de natureza complexa, derivada do fenilpropano. É 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 (60 a 90%). A lignificação das membranas celulares lhe proporciona uma rigidez e uma resistência considerável (Egg Medonça, 2001).

Dentre os polifenóis de maior importância, os taninos merecem destaque. Os taninos consistem de uma série de fenóis poliméricos que estão envolvidos no baixo aproveitamento de nutrientes do feijão (Bressani, 1993). Os polifenóis podem ser responsáveis pelo endurecimento dos feijões por meio de dois mecanismos: por sua polimerização na casca ou pela lignificação dos cotilédones, ambos afetando a capacidade de hidratação das sementes; o primeiro, dificultando a penetração de água e o segundo, limitando a capacidade de absorção de água (Moura, 1998).

A formação de lignina devido à polimerização de fenóis pode estar relacionada com a enzima peroxidase. Essa enzima, muito provavelmente, está envolvida no processo de lignificação da lamela média dos cotilédones. A contribuição dos polifenóis no endurecimento dos feijões pode, também, estar associada à formação de complexos proteína-lignina. O teor de lignina em feijões armazenados é mais elevado que em feijões novos. Os teores variam de 8,4g/100g em feijões recém-colhidos a 13g/100g de matéria seca para feijões armazenados (Hincks & Stanley, 1997 citado por Souza, 2004). Assim,

provavelmente, o aumento no teor de lignina esteja relacionado com a diminuição da absorção de água dos grãos com o decorrer do armazenamento.

Embora muitos fatores possam exercer influência sobre a conservação dos grãos, o teor de umidade é o elemento que governa a qualidade do produto armazenado. Para se obter um armazenamento eficiente, deve-se ter em vista que o principal fator é o baixo teor de umidade; grãos com alto teor de umidade constituem um meio ideal para o desenvolvimento de microrganismos, insetos e ácaros. Em produtos com elevado teor de umidade, a água proporciona mobilidade para as substâncias que reagem em solução, ocorrendo, então, reações de atividade maior da enzima e outras. Em produtos com baixo teor de umidade, a água residual se encontra absorvida na matéria seca, impossibilitando a reação entre componentes na fase líquida, conservando, assim, a qualidade do alimento (Moura, 1998).

2.3.2 Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento

A absorção de água pela semente é essencialmente um processo físico e varia de acordo com a permeabilidade do tegumento (espessura e composição do tegumento), temperatura (dentro de determinados limites, a absorção aumenta com a temperatura), composição química (sementes ricas em proteínas geralmente absorvem água mais rapidamente que sementes ricas em amido) e condições fisiológicas (as sementes imaturas e mais deterioradas absorvem água com maior velocidade, isso está associado à maior desestruturação das membranas nessas sementes) (Souza, 2003).

Vários estudos indicam uma associação inversa entre o tempo de cozimento e a absorção de água (Castellanos & Maldonado, 1994; Ibarra-Perez et al., 1996; Elia et al., 1997). O princípio é que quanto maior a capacidade de absorção de água, menor é o tempo de cozimento.

Normalmente, o feijão é embebido em água, à temperatura ambiente, por aproximadamente 12 a 14 horas, fazendo com que o tempo de cozimento seja reduzido. Este tempo de embebição é suficiente para hidratar feijões secos que serão enlatados (Esteves, 2000).

Segundo Ribeiro et al. (2003b), no seu trabalho para adequação do teste de absorção de água pelos grãos de feijão, foram testadas 50g de grãos de duas cultivares a TPS Nobre (grupo preto) e a Pérola (grupo carioca) e os grãos foram colocados em copos de Becker com 200 ml de água destilada em diferentes tempos de embebição (2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas). Observou-se que até 8 horas de embebição ocorre aumento no peso dos grãos e que, deixando mais tempo, há uma tendência de estabilização para essa variável, pois os grãos paralisam a absorção de água, o que pode ser constatado pelo volume restante de água que permanece no recipiente. No entanto, sugere-se a avaliação do tempo ideal de embebição em maior número de linhagens, pois existe variabilidade para a capacidade de hidratação das sementes, podendo variar de genótipo para genótipo de acordo com Ramos Júnior & Lemos (2002).

O termo “hardshell” (casca dura) é uma condição em que sementes maduras e secas não absorvem água dentro de um período razoavelmente longo, quando umedecidas. Já o termo “hard-to-cook” (difícil de cozinhar) é usado para descrever uma condição em que as sementes requerem um tempo de cozimento prolongado para amolecerem, ou não amolecem, mesmo depois de um cozimento prolongado em água fervente. O fenômeno “hard-to-cook” reduz a taxa de absorção de água, causando, durante a embebição, perda de sais, que é irreversível e acelerada por uma elevação da temperatura e umidade baixa. Quando o armazenamento ocorre em ambientes de baixa umidade relativa e temperatura elevada, ocorre o aparecimento de grãos “hardshell”, sendo esse um fenômeno reversível (Esteves, 2000).

De acordo com o trabalho de Hosfield & Beaver (2001), ocorre correlação alta e negativa ($r = -0,84$) entre o tempo de cozimento e a absorção de água dos grãos de feijão, confirmando o valor encontrado por Elia et al. (1997) que foi de $r = -0,82$ para essa característica. Dessa maneira, a absorção de água poderia ser usada como predição do tempo de cozimento, desde que feijões que cozinham rápido embebam mais água que os de cozimento lento. Assim a seleção de linhagens de feijão, baseada na absorção de água das sementes como estimativa indireta do tempo de cocção, é um recurso rápido e seguro.

2.3.3 Influência das propriedades do tegumento na capacidade de cozimento

Na cultura do feijoeiro, a seleção de cultivares envolve diversos aspectos qualitativos e quantitativos relacionados a agricultores e consumidores, com o objetivo de obter durante o processo de seleção características desejáveis, como elevada produtividade, resistência a doenças, tolerância a déficit hídrico, entre outros fatores. No entanto, as propriedades do tegumento como brilho e composição química, associada à forma do grão, é um fator de grande importância, já que pode provocar a rejeição da cultivar pelo consumidor. Vale ressaltar que a exigência do mercado quanto à cor e ao tipo de grão é variável de região para região.

Como já mencionado, o tempo de cozimento é muito influenciado pela absorção de água pelo grão e, sendo assim, como o tegumento está diretamente envolvido na absorção de água, conseqüentemente influenciará no tempo de cozimento também. Bushey et al. (2002b) procuraram verificar se feijões brilhantes absorvem menos água que feijões opacos. Para isso utilizaram três cultivares de feijão preto, sendo um com tegumento brilhante e outros dois com tegumento opaco. Dez sementes representativas de cada lote foram pesadas e colocadas num Becker com 200ml de água destilada. Durante o tempo de 10 minutos a uma temperatura de 83°C, os Beckers foram colocados em banho-

maria e retirados para uma temperatura ambiente de 27°C. Os grãos foram secados e colocados novamente nos Beckers. A quantidade de água embebida foi obtida por meio da diferença no peso dos grãos. As sementes de cada cultivar embeberam mais que o dobro da quantidade de água após o descoramento, quando comparadas com as sementes não descoradas. Sendo assim, ficou claro que sementes de tegumento com brilho absorvem água numa taxa mais lenta e, conseqüentemente, cozinham mais lentamente que sementes de feijões com tegumento opaco e que a espessura e uniformidade de deposição de uma camada de cera na superfície do tegumento influencia na capacidade de absorção. Isso pode ser comprovado por meio de microscopia eletrônica de varredura onde foram observadas diferenças entre as três cultivares quanto à espessura e uniformidade da camada de cera epicuticular.

Em outro trabalho, a esse respeito, verificaram a absorção de água em seis famílias isogênicas F_{4:5}, três com grãos brilhantes e três opacos. Foi detectada diferença entre as famílias, contudo, na média, os grãos brilhantes e opacos apresentaram a mesma absorção. Assim, a presença de brilho por si só não é indicativo de menor capacidade de absorção de água pela semente de feijão (Brick et al., 2000). Segundo LeaKey (1998), esse caráter é controlado por um gene (Asp), sendo o alelo dominante que confere o brilho.

A absorção de água também pode ser influenciada pela cor do halo em torno do hilo. A demora no cozimento da cultivar Carioca-80 foi atribuída à cor do halo que é amarela, essa característica é controlada por muitos genes, sendo o gene J, um deles. Quando o alelo dominante está sendo expresso, o tempo de cozimento é prejudicado, pois ele tem efeito pleiotrópico na cor 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 indicativo de menor capacidade de cozimento (Souza, 2003).

2.4 Variabilidade genética para tempo de cozimento

Em programas de melhoramento, para que se possa ter um maior sucesso com a seleção, é necessário além de outros fatores, que a característica a ser avaliada tenha variabilidade genética suficiente para que os ganhos com a seleção sejam significativos.

Dessa maneira o progresso na melhoria para o tempo de cozimento é proporcional à quantidade de variabilidade genética na população. Avaliar a variabilidade para uma característica requer a avaliação da grande quantidade de germoplasma. Com esse intuito, foi conduzido um experimento por Elia et al. (1995), com o objetivo de acessar à variabilidade genética existente para tempo de cozimento entre vários cultivares de feijão que possuíam alta produtividade, resistência a doenças e ainda possuíam aceitabilidade pelo consumidor. Foram usados oito genótipos, os quais foram avaliados quanto ao tempo de cozimento, absorção de água e conteúdo de proteína. Nesse trabalho foi observado que existe diferença significativa no tempo de cozimento entre as cultivares, evidenciando a existência de uma grande variabilidade entre as linhagens de cozimento rápido e cozimento demorado, sugerindo que elas podem ser usadas em futuros programas de melhoramento.

Costa et al. (2001), com o objetivo de verificar se há variabilidade genética para absorção de água e conseqüentemente para capacidade de cozimento, avaliaram 121 linhagens de feijão do Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Lavras e constataram diferença significativa entre as linhagens e a existência de variabilidade foi confirmada pela distribuição de freqüência. Observaram que a absorção de água das linhagens variou de 15% a 115%, com maior concentração variando entre 85% a 105%. As linhagens de maior absorção de água foram IAC Aruã, CI-107 e Ouro Negro. Por outro lado, as linhagens com menor absorção foram a G2333, Carioca-80 e Amarelinho.

Ribeiro et al. (2003a) avaliaram 225 linhagens de feijoeiro de diferentes grupos comerciais, como indicativo do tempo de cocção. Os tratamentos consistiram de 98 linhagens do grupo preto e 127 de cor (carioca, branco, manteiga e outros). Usaram-se linhagens e cultivares provenientes de diversos programas de melhoramento do país, que constituem parte do Banco de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Os resultados obtidos evidenciaram que existe grande variabilidade genética para absorção de água e, conseqüentemente, para o tempo de cozimento dos grãos. Com base nestes resultados pode-se concluir que linhagens desenvolvidas nos diferentes programas de melhoramento ainda apresentam diferenças genéticas que podem ser consideradas. A existência de variabilidade genética para absorção de água pelos grãos de feijão sugere que a seleção para esse caráter pode ser útil para identificação precoce de linhagens com maiores facilidades de cozimento, desde que seja padronizada a metodologia para identificação rápida e eficiente da percentagem de absorção de água pelos grãos.

2.5 Controle genético da capacidade de cozimento

Há escassez de informação a respeito do controle genético da capacidade de cozimento. Em um dos trabalhos a esse respeito, Elia et al. (1997), usando 16 linhagens de feijão divergentes para tempo de cozimento, absorção de água, conteúdo de proteína e tanino, utilizaram o Delineamento II da Carolina do Norte de modo que oito linhagens foram aleatoriamente utilizadas como genitores masculinos e o restante utilizado como genitores femininos. Constataram que o grau médio de dominância foi diferente de zero, indicando que há interação alélica de dominância no controle de todos os caracteres. As estimativas de herdabilidade foram altas, possibilitando um maior sucesso com a seleção.

O controle genético da capacidade de cozimento dos grãos de feijão do Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Lavras foi estudado por meio das sementes F_1 e F_2 de cruzamentos biparentais entre as linhagens G2333 x CI-107; G2333 x Ouro Negro; G2333 x IAC-Aruã; IAC-Aruã x Carioca-80; CI-107 x Carioca-80 e CI-107 x Amarelinho. Os grãos das famílias $F_{2,3}$ foram submetidos a uma secagem ao sol, visando à uniformização da umidade nos grãos. Foram avaliadas 100 famílias de cada cruzamento e uma amostra de 10 grãos de cada família foi colocada em um recipiente, contendo 100 ml de água destilada, 18 horas antes de iniciar o teste com o cozedor experimental JAB-77. Foi detectada ampla variação no tempo de cozimento dos grãos das famílias e as estimativas de herdabilidade foram superiores a 65%, indicando que a seleção de famílias com menos tempo de cozimento poderá ser realizada com sucesso (Belicuas et al., 2002).

Jacinto-Hernandez et al. (2003) avaliaram 104 linhagens originadas do cruzamento biparental entre linhagens contrastantes para o tempo de cozimento. Estas 104 linhagens foram avançadas até as gerações F_6 , F_7 , F_8 e juntamente com os pais foram avaliadas quanto à capacidade de cozimento. Em todas as gerações avaliadas, a distribuição de frequência foi contínua e a favor do genitor com menor tempo de cozimento. Essa distribuição indica que a característica capacidade de cozimento é oligogênica (controlada por poucos genes) e ainda sugere a ocorrência de efeito materno como previsto por Elia et al. (1997). A magnitude da herdabilidade também foi calculada e foi de 74%, que, de acordo com Stansfield (1995), valores de herdabilidade maiores que 50% são considerados altos, permitindo sucesso com a seleção em programas de melhoramento.

2.6 Efeito materno

O efeito materno é um caso especial de herança, controlado por genes nucleares da mãe, que são responsáveis por certas condições do citoplasma do óvulo, provavelmente, produtos gênicos. Essas condições é que determinam a expressão fenotípica de alguns caracteres do filho independente dos genes doados pelo pai. Contudo, é importante salientar que o efeito materno na expressão desses caracteres nos descendentes se dá apenas por uma ou, no máximo, duas gerações (Ramalho et al., 2004).

A herança de caracteres de grande importância agrônômica, como o teor de proteína do grão de feijão (Leleji et al., 1972; Hall et al., 1977; Poligano, 1982), teor de metionina na semente de feijão (Porter, 1972) e o tamanho da semente de feijão (Mesquita, 1989), são exemplos conhecidos onde o efeito materno é considerado a principal explicação de resultados de cruzamentos recíprocos.

Sabe-se que o teor de proteína do grão de feijão é um caráter quantitativo, onde estão envolvidos, provavelmente, vários genes, sendo afetado consideravelmente pelo ambiente. No entanto, nota-se que essa herança é principalmente materna, em primeiro lugar pelos diferentes fenótipos apresentados pela geração F_1 , proveniente dos cruzamentos recíprocos. Os fenótipos desta geração são praticamente iguais ao fenótipo da mãe, o que equivale a dizer que o genótipo materno se expressa no filho. Seguindo esse raciocínio, observa-se que os fenótipos das duas gerações F_2 são semelhantes. Como estas duas populações são provenientes de cruzamentos em que a F_1 participou como mãe, então, a semelhança de tais fenótipos refere-se à expressão do genótipo da geração F_1 . Esta conclusão é confirmada quando se verifica que as variâncias dos pais, F_1 e F_2 são semelhantes e referem-se, portanto, à variância ambiental, isto é, os dados apresentados correspondem às expressões dos genótipos dos progenitores e das gerações F_1 (Leleji et al., 1972).

A constatação de que, em leguminosas, cruzamentos recíprocos têm mostrado fenótipos completamente diferentes para genótipos idênticos, levou Mesquita (1989) a estudar o tamanho da semente de feijão, utilizando este tipo de cruzamento. Neste trabalho foram contadas as células do tegumento, com auxílio de cortes transversais e paradérmicos, dos progenitores e das sementes da planta F_1 . Constataram-se, na geração F_1 da semente, diferenças nos cruzamentos recíprocos, mas não na geração F_2 , indicando a presença de efeito materno. O desenvolvimento do grão sofre grande influência do tegumento, que é um tecido materno, uma vez que representa uma barreira física, pela sua localização como envoltório da semente, impedindo a expressão do genótipo contido nas células cotiledonares.

O conhecimento desse tipo de herança é imprescindível para eficiência de certos programas de seleção. Por exemplo, é possível analisar o teor de óleo e proteína de uma única semente de feijão por meio de técnicas não destrutivas e, posteriormente, efetuar o plantio desta semente para obtenção dos descendentes. Como a herança destas duas características é principalmente materna, a seleção de sementes F_2 , colhidas de uma única planta, é inteiramente ineficaz, pelo fato dos fenótipos dessas sementes serem semelhantes e representarem a expressão do genótipo da planta F_1 . O genótipo de cada semente F_2 irá se expressar, portanto, apenas nas sementes produzidas por sua progênie. Assim, o êxito da seleção só ocorrerá quando se proceder à seleção, entre as progênies, de cada semente F_2 , que corresponde à geração F_3 (Ramalho et al., 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Biologia e em Laboratório da Universidade Federal de Lavras – UFLA, localizada a 910m de altitude, 21°14'S de latitude e 45°00'W de longitude.

3.2 Materiais utilizados

Foram utilizadas sementes de quatro linhagens de feijão do Banco de Germoplasma da UFLA, anteriormente avaliadas quanto à absorção de água e ao tempo de cozimento (Costa et al., 2001; Belicuas et al., 2002).

A linhagem CI-107 apresenta grãos tipo carioca (cor creme com rajadas marrons, opacos e tamanho médio), hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e menor tempo de cocção.

A linhagem Carioca-80 apresenta grãos tipo carioca (cor creme com rajadas marrons, opacos, halo amarelo e tamanho médio), hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e maior tempo de cozimento.

A linhagem Amarelinho apresenta grãos de cor amarela, brilhantes e pequenos, hábito de crescimento tipo III, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e maior tempo de cozimento.

A linhagem G2333 apresenta grãos de cor vermelha, brilhantes e de tamanho médio, hábito de crescimento tipo IV, ciclo normal (90 dias), porte prostrado e maior tempo de cocção.

3.3 Cruzamentos

Utilizando a metodologia semelhante à apresentada por Ramalho et al., (1993) foram realizados os seguintes cruzamentos biparentais: CI-107 (P₁) x Carioca-80 (P₂), CI-107 (P₁) x Amarelinho (P₃), CI-107 (P₁) x G2333 (P₄) e seus respectivos recíprocos.

Os pais, híbridos e recíprocos de cada cruzamento foram avaliados quanto à capacidade de cozimento. Uma parte das sementes F₁ e de seus recíprocos foram semeadas em casa de vegetação para obtenção da geração F₂. Paralelamente, foram feitos novamente os cruzamentos para obtenção de sementes da mesma idade. Procedeu-se à avaliação do tempo de cozimento e uma parte das sementes F₂ de cada cruzamento foram plantadas para obtenção da geração F₃, sob condições de campo. Novamente foram plantados os pais e a geração F₁ obtida anteriormente.

Em todas as etapas após a colheita as sementes foram expostas ao sol, até atingirem a umidade aproximadamente de 13%. Posteriormente foram colocadas em sacos de papel e armazenadas em condição ambiente, até o momento da avaliação do tempo de cozimento.

3.4 Avaliação do tempo de cozimento

Antes da avaliação da capacidade de cozimento, as sementes foram colocadas individualmente em recipientes de plástico, contendo água destilada, e, após dezoito horas, foram submetidas à análise do tempo de cocção utilizando o cozedor experimental JAB-77 tipo minor, seguindo a metodologia adaptada dos métodos propostos por Proctor & Watts (1987).

O cozedor experimental possui 25 pinos e estes são colocados sobre os grãos individualmente em uma cavidade do aparelho. Colocou-se o cozedor, já preparado com os grãos, em um becker contendo 1.000 ml de água em ebulição,

que continuou em aquecimento sob uma chapa aquecedora com temperatura constante em toda superfície de 300°C.

Foi marcado o tempo decorrido do início do processo de cozimento até o momento em que o pino atravessou cada grão de feijão. Assim, foi obtido o tempo de cocção por grão avaliado.

3.4.1 Avaliação dos genitores e da geração F₁

A avaliação do tempo de cocção, em minutos, para os grãos da geração F₁, pais e recíprocos foi feita em duas épocas distintas. Época A, 65 dias depois da colheita no mês de janeiro de 2003. Em cada avaliação, foram colocadas no cozedor experimental 5 sementes do P₁, 4 sementes do P₂, 2 do P₃, 2 do P₄ e 2 sementes de cada geração F₁ e recíprocos de todos os três cruzamentos. O processo foi repetido por dez vezes, quando completou-se a avaliação de todas as sementes F₁ disponíveis. Na época B, 96 dias depois da colheita no mês de agosto de 2003, os genitores e a geração F₁ foram avaliados juntamente com a geração F₂, conforme é mostrado mais adiante.

3.4.2 Avaliação da geração F₂

A geração F₂ foi também avaliada em duas épocas, na época B, 96 dias após a colheita no mês de agosto de 2003; nessa avaliação, foram colocadas no cozedor experimental para cada cruzamento 4 sementes de cada genitor, 4 sementes da F₁ e 13 sementes da F₂. Esse procedimento foi repetido por 10 vezes, de acordo com a disponibilidade de sementes de cada cruzamento. Para a época C, 112 dias depois da colheita no mês de fevereiro de 2004, sementes da geração F₂ foram avaliadas quanto ao tempo de cocção, juntamente com as sementes da geração F₃.

3.4.3 Avaliação da geração F₃

Essa geração foi avaliada em uma época apenas, com 112 dias após a colheita no mês de fevereiro de 2004.

Foi colocada no cozedor experimental a quantidade de 2 sementes de cada genitor, 10 sementes da F₂ e 11 sementes da F₃. Esse processo foi repetido dez vezes para cada cruzamento e para cada cruzamento recíproco.

3.5 Análise dos dados

O tempo necessário à cocção de cada grão, em minutos, foi submetido à análise de variância por época de avaliação, adotando o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = m + p_i + d_{(i)k}, \text{ em que:}$$

Y_{ik} : tempo de cozimento do grão k dentro da população i;

m: efeito da média geral;

p_i : efeito da população i (i variável de acordo com as gerações avaliadas);

$d_{(i)k}$: efeito do grão k dentro da população i (k variável com as populações).

Posteriormente, para cada cruzamento e gerações avaliadas, procedeu-se a análise conjunta das épocas, utilizando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m + p_i + s_j + (sp)_{ij} + d_{k(ij)}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} : tempo de cozimento do grão k dentro da população i e época j;

m: efeito da média geral;

p_i : efeito da população i (i variável de acordo com as gerações avaliadas);

s_j : efeito da época j (j = 1,2);

$(sp)_{ij}$: efeito da interação da população i com a época j;

$d_{k(ij)}$: efeito do grão k dentro da população i na época j (k variável com as populações).

Foram estimados os diferentes contrastes de interesse entre os genitores, genitores vs gerações avaliadas e gerações vs gerações avaliadas para cada cruzamento. A significância dos contrastes foi avaliada pelo teste F.

As análises de variância e as estimativas dos contrastes foram feitas utilizando-se o programa computacional SAS[®].

Utilizando-se os dados médios obtidos em cada cruzamento e tipo de geração avaliada, foram estimados os componentes de média. No estabelecimento do modelo, considerou-se como referência a geração dos cotilédones.

No caso dos genitores e geração F_1 , que foram avaliados em duas épocas, o modelo adotado foi o seguinte:

$Y = m + a + d + e$, em que:

Y: tempo de cozimento médio da população em cada época;

m: ponto médio dos genitores homozigóticos completamente contrastantes;

a: avaliação do efeito materno;

d: contribuição dos locos heterozigóticos (efeito de dominância);

e: efeito de época.

Nessa situação, tem-se a seguinte matriz X e vetor dos resultados Y:

$$X = \begin{array}{c|cccc} & m & a & d & e \\ \hline & 1 & -1 & 0 & 0 \\ & 1 & 1 & 0 & 0 \\ & 1 & -1 & 1 & 0 \\ & 1 & 1 & 1 & 0 \\ & 1 & -1 & 0 & 1 \\ & 1 & 1 & 0 & 1 \\ & 1 & -1 & 1 & 1 \\ & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \quad Y = \begin{array}{c|c} & P_{11} \\ & P_{21} \\ & F_{111} \\ & F_{121} \\ & P_{12} \\ & P_{22} \\ & F_{112} \\ & F_{122} \end{array}$$

Quando envolveu a geração F_2 , o componente a refere-se a contribuição dos locos em homozigose.

No vetor dos resultados, P representa os genitores e o F₁, a primeira geração filial. No genitor, o primeiro número representa a linhagem parental e o segundo número, a época de avaliação. Na geração F₁, o segundo número identifica a linhagem usada como genitor feminino e o terceiro, a época de avaliação. Procedimento análogo foi utilizado quando se envolveram as outras gerações. Para as demais gerações, o coeficiente também avalia o efeito da contribuição dos homozigotos e não só o efeito materno, como no caso anterior. Na obtenção das estimativas desses componentes, utilizou-se o método dos quadrados mínimos ponderados (Rowe & Alexander, 1980) e o programa computacional MapGen (Ferreira & Zambalde, 1997).

4 RESULTADOS

Inicialmente, é necessário enfatizar que em uma semente os cotilédones são produtos de fertilização, já o tegumento é tecido materno. Portanto, esses tecidos estão em gerações diferentes. Para não ocorrer dúvidas nas interpretações da identificação das gerações no presente trabalho, a referência será a geração do embrião. Toda geração é representada por dois números, o primeiro identifica a geração propriamente dita e o segundo o genitor utilizado como fêmea.

Na Tabela 3 estão os resultados das análises da variância referentes ao cruzamento entre os genitores CI-107 (P_1) x Carioca-80 (P_2). Observa-se que, quando a análise envolveu apenas a geração F_1 nas duas épocas, foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$), para todas as fontes de variação. Já quando envolveu a geração F_2 , novamente em duas épocas, não se detectou diferença significativa. Na geração F_3 , foi detectada diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as populações (Tabela 4).

Como era esperado os resultados médios, apresentados na Tabela 5, mostraram que com o prolongamento no tempo de armazenamento ocorreu maior demora no cozimento. Como mostra a Tabela 3, a interação épocas x populações significativa é bem evidenciada na Tabela 5. Veja, por exemplo, que na população F_{11} o tempo de cozimento foi muito semelhante nas duas épocas já para os genitores e F_{12} a diferença foi mais expressiva. Observa-se também que o comportamento dos dois genitores é bem diferente, o mesmo ocorrendo com a geração F_1 , dependendo do genitor feminino utilizado. Essas últimas observações são comprovadas por meio do teste dos contrastes entre as médias (Tabela 6). Observa-se que o contraste P_1 vs P_2 foi significativo na primeira época e na média das épocas, indicando como era esperado que os

pais são diferentes. De modo análogo, o contraste F_{11} vs F_{12} , foi significativo ($P \leq 0,01$) na segunda época e na média. Chama atenção na Tabela 6 o contraste entre o genitor e a geração F_1 , em que o respectivo genitor foi usado como fêmea, isto é, P_1 vs F_{11} ou P_2 vs F_{12} . Em ambos os casos, nas duas épocas e na média, eles foram não significativos. Depreende-se em princípio que o tempo de cozimento independe do embrião e cotilédones, isto é, é função apenas do tegumento.

TABELA 3: Resumo das Análises de Variância do tempo de cozimento, em minutos, obtidos na avaliação dos genitores CI-107 e Carioca-80, F_1 , F_2 e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação. Lavras, 2004.

FV	Pais, F_{11} e F_{12}			Pais, F_{21} e F_{22}		
	GL	QM	P	GL	QM	P
Épocas	1	5014,56	0,0001	1	436,95	0,1546
Populações	3	1640,43	0,0001	3	390,07	0,1437
Pop vs Épocas	3	649,07	0,0059	3	75,72	0,7873
Erro	163	150,37		367	214,73	
Média		36,99			49,13	
CV (%)		33,15			29,82	

TABELA 4: Resumo da Análise de Variância do tempo de cozimento, em minutos, obtidos da avaliação dos genitores CI-107 e Carioca-80, F_3 e seus recíprocos. Lavras, 2004.

FV	Pais, F_{31} e F_{32}		
	GL	QM	P
Populações	5	2205,37	0,0001
Erro	633	306,97	
Média		50,68	
CV (%)		34,57	

Para confirmar esses resultados e também obter informações a respeito do controle genético, foram estimados os componentes genéticos e fenotípicos por meio de médias (Tabela 7). Veja que o α foi significativo, evidenciando que as duas linhagens têm constituição genética diferente com relação ao tempo

necessário para completar o cozimento. Observa-se também que o componente e , que reflete o efeito da época, foi significativo. Já o d , a contribuição dos locos em heterozigose, não foi diferente de zero. Assim, infere-se que o tempo de cozimento é função apenas do tegumento, como já comentado anteriormente.

TABELA 5: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre CI-107 x Carioca-80 e a geração F_1 nas duas épocas de avaliação. Época A, avaliada 65 dias após a colheita, no mês de janeiro de 2003 e época B avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Populações	Épocas		Média
	A	B	
P_1 – CI-107	26	44	35
P_2 – Carioca-80	39	56	48
$F_{11}^{2/}$ - ♀ CI-107 x ♂ Carioca-80	32	35	34
F_{12} - ♀ Carioca-80 x ♂ CI-107	35	52	44
	33a ^{1/}	47b	

^{1/} Na mesma linha tratamentos com letras diferentes diferem entre si pelo teste F.

^{2/} F_{11} – o primeiro número refere-se a geração e o segundo número do genitor utilizado como fêmea.

TABELA 6: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P_1) e Carioca-80 (P_2), geração F_1 e seus recíprocos nas duas épocas avaliadas e na média das épocas. Época A, avaliada 65 dias após a colheita, no mês de janeiro de 2003 e época B avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Contrastes	Época A	Época B	Média
P_1 vs P_2	0,0001	0,1306	0,0047
P_1 vs F_{11}	0,0648	0,2396	0,7678
P_2 vs F_{12}	0,2906	0,8862	0,7332
F_{11} vs F_{12}	0,2347	0,0001	0,0001

Para comprovar essas observações anteriores, procedimento semelhante de análise foi adotado para a geração F_2 . As médias estão apresentadas na

Tabela 8. O resultado mais expressivo é o comportamento das gerações F_{21} e F_{22} , que foi muito semelhante nas duas épocas e na média das épocas. As estimativas dos diferentes contrastes, envolvendo a geração F_2 , apresentados na Tabela 9, reforçam essa observação. Veja que o contraste F_{21} vs F_{22} foi não significativo em todas as condições. Esse fato contribuiu para que os contrastes P_1 vs F_{21} e P_2 vs F_{22} fossem considerados significativos em alguns casos.

TABELA 7: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P_1) x Carioca-80 (P_2), geração F_1 e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação.

Componentes	Pais, F_{11} e F_{12}	P
m	32,77	0,0002
a	4,96	0,0339
d	0,87	0,8005
e	11,52	0,0379
R^2	0,9926	

TABELA 8: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre CI-107 x Carioca-80 e a geração F_2 em duas épocas de avaliação. Época B, avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003 e época C avaliada 112 dias após a colheita, no mês de fevereiro de 2004.

Populações	Épocas		Média
	B	C	
P_1 – CI-107	44	38	41
P_2 – Carioca-80	56	53	55
F_{21} - ♀ CI-107 x ♂ Carioca-80	54	47	51
F_{22} - ♀ Carioca-80 x ♂ CI-107	52	48	50
	52a ^{1/}	47b	

^{1/} Na mesma linha tratamentos com letras diferentes diferem entre si pelo teste F.

As estimativas dos componentes de média, envolvendo a contribuição dos locos em homozigose e em heterozigose, foram diferentes de zero. No

estabelecimento do modelo foi considerado que o tempo de cozimento é função do tegumento e, portanto, a geração F_2 possui tecido da planta F_1 . Os resultados obtidos são compatíveis com essa observação, tanto é assim que o modelo adotado explicou quase toda a variação ($R^2 = 0,9998$). E mais ainda possibilitou inferir que ocorre dominância na expressão do caráter (Tabela 10).

TABELA 9: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P_1) e Carioca-80 (P_2), geração F_2 e seus recíprocos nas duas épocas avaliadas e na média das épocas. Época B, avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003 e época C, avaliada 112 dias após a colheita, no mês de fevereiro de 2004.

Contrastes	Época B	Época C	Média
P_1 vs P_2	0,2043	0,0003	0,0212
P_1 vs F_{21}	0,1750	0,0991	0,0647
P_1 vs F_{22}	0,2567	0,0352	0,0723
P_2 vs F_{21}	0,7601	0,0091	0,2355
P_2 vs F_{22}	0,5788	0,0329	0,2111
F_{21} vs F_{22}	0,5742	0,5576	0,9052

TABELA 10: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P_1) e Carioca-80 (P_2), geração F_2 e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação.

Componentes	Pais, F_{21} e F_{22}	P
M	50,68	0,0000
A	7,38	0,0002
D	2,14	0,0366
E	-5,26	0,0022
R^2	0,9998	

Os resultados médios das análises referentes aos genitores e a geração F_3 são mostrados nas Tabelas 11 e 12. De modo geral, os resultados são coerentes

com os anteriores, exceto que nesse caso o componente aditivo (a) e o de dominância (d) não diferiram de zero. Vale salientar, contudo, que a maioria dos contrastes envolvendo F₂ e F₃ foram significativos, evidenciando a ocorrência de dominância. Os resultados médios, embora não tão evidentes, mostram que os grãos da geração F₃ demoraram mais que a F₂ para cozinhar. Provavelmente isso ocorreu por problemas de amostragem, principalmente da geração F₃. Veja que esses resultados não coadunam com os anteriores relatados.

TABELA 11: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre CI-107 x Carioca-80 e nas gerações F₂, F₃ e seus recíprocos.

Populações	Média
P ₁ – CI-107	38
P ₂ – Carioca-80	53
F ₂₁ - ♀ CI-107 x ♂ Carioca-80	47
F ₃₁ - ♀ CI-107 x ♂ Carioca-80	51
F ₂₂ - ♀ Carioca-80 x ♂ CI-107	48
F ₃₂ - ♀ Carioca-80 x ♂ CI-107	56
	49

Para o cruzamento entre as linhagens CI-107 (P₁) e Amarelinho (P₃) os resultados das análises de variância dos genitores e das gerações F₁, F₂, F₃ e seus recíprocos são apresentados nas Tabelas 14 e 15. Veja que foi detectada diferença entre as populações em todos os casos.

TABELA 12: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P₁) e Carioca-80 (P₂), gerações F₂, F₃ e seus recíprocos.

Contrastes	P
P ₁ vs P ₂	0,0003
P ₁ vs F ₂₁	0,0234
P ₁ vs F ₂₂	0,0088
P ₁ vs F ₃₁	0,0003
P ₁ vs F ₃₂	0,0001
P ₂ vs F ₂₁	0,0437
P ₂ vs F ₂₂	0,1059
P ₂ vs F ₃₁	0,4598
P ₂ vs F ₃₂	0,3035
F ₂₁ vs F ₂₂	0,6237
F ₂₁ vs F ₃₁	0,0616
F ₂₁ vs F ₃₂	0,0001
F ₂₂ vs F ₃₁	0,1861
F ₂₂ vs F ₃₂	0,0007
F ₃₁ vs F ₃₂	0,0082

TABELA 13: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P₁) e Carioca-80 (P₂), geração F₃ e seus recíprocos.

Componentes	Pais, F ₃₁ e F ₃₂	P
m	48,69	0,0009
a	8,77	0,1252
d	1,45	0,8150
R ²	0,9943	

TABELA 14: Resumo das Análises de Variância do tempo de cozimento, em minutos obtidos na avaliação dos genitores CI-107 e Amarelinho, F₁, F₂ e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação. Lavras, 2004.

FV	Pais, F ₁₁ e F ₁₃			Pais, F ₂₁ e F ₂₃		
	GL	QM	P	GL	QM	P
Épocas	1	1132,36	0,0013	1	282,40	0,2375
Populações	3	1762,19	0,0001	3	968,09	0,0030
Pop vs Épocas	3	566,98	0,0016	2	383,34	0,1516
Erro	158	106,19		173	200,96	
Média		34,54			48,76	
CV (%)		29,84			29,07	

TABELA 15: Resumo da Análise de Variância do tempo de cozimento, em minutos, obtidos da avaliação dos genitores CI-107 e Amarelinho, F₃ e seus recíprocos. Lavras, 2004.

FV	Pais, F ₃₁ e F ₃₃		
	GL	QM	P
Populações	3	593,00	0,0229
Erro	180	182,03	
Média		47,93	
CV (%)		28,14	

Também foi evidenciado que a diferença entre os genitores Amarelinho e Carioca-80 em relação ao CI-107 foi muito semelhante (Tabelas 16 e 17). A significância dos contrastes nesse cruzamento (Tabela 20) é muito semelhante também ao CI-107 x Carioca-80. Na Tabela 18 estão apresentadas as estimativas dos componentes de média, mostrando a significância ($P \leq 0,01$) do componente a, confirmando a divergência entre os genitores usados neste cruzamento. Não houve significância para a estimativa do d, coincidindo com os resultados comentados para o outro cruzamento.

No caso da geração F₂ estão apresentados os resultados médios (Tabela19), referentes à avaliação aos 96 dias após a colheita, quando foram avaliados os cruzamentos recíprocos. Ao contrário do esperado, ocorreu diferença entre os dois recíprocos. Essa observação é comprovada por meio dos

diferentes contrastes apresentados na Tabela 20. Esse fato contribuiu para que não fosse detectada dominância quando se utilizou essa geração no presente cruzamento (Tabela 21).

TABELA 16: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre as linhagens CI-107, Amarelinho e a geração F₁ nas duas épocas de avaliação. Época A, avaliada 65 dias após a colheita, no mês de janeiro de 2003 e época B, avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Populações	Épocas		Média
	A	B	
P ₁ – CI-107	26	34	30
P ₃ – Amarelinho	33	50	42
F ₁₁ - ♀ CI-107 x ♂ Amarelinho	28	34	31
F ₁₃ - ♀ Amarelinho x ♂ CI-107	46	41	44
	33a ^{1/}	40b	

^{1/} Na mesma linha tratamentos com letras diferentes diferem entre si pelo teste F.

TABELA 17: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre as linhagens CI-107, Amarelinho e nas gerações F₂, F₃.

Populações	Média
P ₁ – CI-107	36
P ₃ – Amarelinho	47
F ₂₃ - ♀ Amarelinho x ♂ CI-107	44
F ₃₃ - ♀ Amarelinho x ♂ CI-107	50
	44

TABELA 18: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P_1) e Amarelinho (P_3), geração F_1 e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação.

Componentes	Pais, F_{11} e F_{13}	P
m	31,75	0,0003
a	5,44	0,0288
d	2,26	0,4942
e	5,74	0,1289
R^2	0,9921	

TABELA 19: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos do cruzamento entre as linhagens CI-107, Amarelinho e a geração F_2 na época de avaliação dos recíprocos, 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Populações	Média
P_1 – CI-107	34
P_3 – Amarelinho	50
F_{21} - ♀ CI-107 x ♂ Amarelinho	40
F_{23} - ♀ Amarelinho x ♂ CI-107	57
	45

TABELA 20: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P_1) e Amarelinho (P_3), geração F_2 e seus recíprocos na época de avaliação dos recíprocos, 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Contrastes	P
P_1 vs P_3	0,0406
P_1 vs F_{21}	0,0082
P_1 vs F_{23}	0,0001
P_3 vs F_{21}	0,7001
P_3 vs F_{23}	0,3223
F_{21} vs F_{23}	0,0011

TABELA 21: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P₁) e Amarelinho (P₃), geração F₂ e seus recíprocos.

Componentes	Pais, F ₂₁ e F ₂₃	P
M	42,00	0,1119
A	8,00	0,4779
D	10,90	0,4289
R ²	0,9943	

Foi possível também comparar as gerações F₂ e F₃, quando se utilizou como genitor feminino a linhagem Amarelinho. Veja (Tabelas 22 e 23) que o tempo de cozimento da geração F₃ foi superior ao da F₂. Novamente, fica evidenciado que ocorre dominância na expressão do caráter, e essa é no sentido de reduzir o tempo de cocção.

TABELA 22: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre as linhagens CI-107, Amarelinho e nas gerações F₂, F₃

Tratamentos	Média
P ₁ – CI-107	36
P ₃ – Amarelinho	47
F ₂₃ - ♀ Amarelinho x ♂ CI-107	44
F ₃₃ - ♀ Amarelinho x ♂ CI-107	50
	44

TABELA 23: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P₁) e Amarelinho (P₃), gerações F₂, F₃ e seus recíprocos.

Contrastes	P
P ₁ vs P ₃	0,1346
P ₁ vs F ₂₃	0,1848
P ₁ vs F ₃₃	0,0242
P ₃ vs F ₂₃	0,5644
P ₃ vs F ₃₃	0,5655
F ₂₃ vs F ₃₃	0,0196

Os resultados das análises de variância referente ao cruzamento CI-107 (P₁) e G2333 (P₄) estão apresentados nas Tabelas 24 e 25. Constata-se que são semelhantes aos dois cruzamentos anteriores. As populações diferiram entre si.

TABELA 24: Resumo das Análises de Variância do tempo de cozimento, em minutos obtidos na avaliação dos genitores CI-107 e G2333, F₁, F₂ e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação. Lavras, 2004.

FV	Pais, F ₁₁ e F ₁₃			Pais, F ₂₁ e F ₂₃		
	GL	QM	P	GL	QM	P
Épocas	1	7025,25	0,0001	1	21,77	0,7197
Populações	3	1601,70	0,0001	3	1391,62	0,0001
Pop vs Épocas	3	151,60	0,1368	2	56,52	0,7156
Erro	150	81,00		430	168,78	
Média		36,14			49,76	
CV (%)		24,90			26,11	

TABELA 25: Resumo da Análise de Variância do tempo de cozimento, em minutos, obtidos da avaliação dos genitores CI-107 e G2333, F₃ e seus recíprocos. Lavras, 2004.

FV	Pais, F ₃₁ e F ₃₃		
	GL	QM	P
Populações	3	912,94	0,0070
Erro	197	219,78	
Média		53,22	
CV (%)		27,86	

As médias obtidas mostram que o G2333 necessita de maior tempo de cozimento que o CI-107, como era esperado (Tabela 26). De modo análogo aos casos anteriores, a geração F₁ apresentou comportamento semelhante ao do genitor utilizado como fêmea (Tabelas 26, 27 e 28). Confirma-se, assim, também nesse cruzamento, que o tempo de cocção foi função predominantemente da constituição do tegumento.

TABELA 26: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre as linhagens CI-107, G2333 e a geração F₁ nas duas épocas de avaliação. Época A, avaliada 65 dias após a colheita, no mês de janeiro de 2003 e época B, avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Populações	Épocas		Média
	A	B	
P ₁ – CI-107	24	35	30
P ₄ – G2333	31	51	41
F ₁₁ - ♀ CI-107 x ♂ G2333	25	37	31
F ₁₄ - ♀ G2333 x ♂ CI-107	33	51	42
	29a ^{1/}	44b	

^{1/} Na mesma linha tratamentos com letras diferentes diferem entre si pelo teste F.

TABELA 27: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P₁) e G2333 (P₄), geração F₁ e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação e na média das épocas. Época A, avaliada 65 dias após a colheita, no mês de janeiro de 2003 e época B, avaliada 96 dias após a colheita, no mês de agosto de 2003.

Contrastes	Época A	Época B	Média
P ₁ vs P ₄	0,0519	0,0001	0,0001
P ₁ vs F ₁₁	0,5513	0,6425	0,4751
P ₄ vs F ₁₄	0,6237	0,9568	0,7204
F ₁₁ vs F ₁₄	0,0015	0,0001	0,0001

TABELA 28: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P₁) e G2333 (P₄), gerações F₁ e seus recíprocos nas duas épocas de avaliação.

Componentes	Pais, F ₁₁ e F ₁₄	P
m	26,79	0,0000
a	5,28	0,0035
d	3,04	0,1509
e	14,26	0,0011
R ²	0,9977	

Quando da avaliação da geração F₂ do cruzamento CI-107 (P₁) x G2333 (P₄) os resultados foram significativamente os mesmos do cruzamento CI-107 (P₁) x Carioca-80 (P₂), isto é, o contraste das gerações F₂₁ vs F₂₄ foi não significativo (Tabela 29) e P₁ vs F₂₁ ou F₂₄ foi significativo (P≤0,01). Como nesse caso os grãos da geração F₂ tem tegumento dos grãos da geração F₁, confirma-se as observações anteriores.

TABELA 29: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P₁) e G2333 (P₄), geração F₂ e seus recíprocos na época de avaliação dos recíprocos.

Contrastes	P
P ₁ vs P ₄	0,0065
P ₁ vs F ₂₁	0,0034
P ₁ vs F ₂₄	0,0013
P ₄ vs F ₂₁	0,5843
P ₄ vs F ₂₄	0,8314
F ₂₁ vs F ₂₄	0,3702

Observou-se também que os contrastes P₄ vs F₂₁ ou P₄ vs F₂₄ (Tabela 29) foram não significativos. Esse resultado associado à estimativa de \underline{d} , diferente de zero (Tabela 30), mostra que ocorre dominância no sentido da necessidade de maior tempo para a cocção.

Essa última observação, entretanto, não é confirmada por meio da comparação das gerações F₂₄ e F₃₄ (Tabelas 31 e 32). Veja que ao contrário do esperado, quando da ocorrência de dominância, as médias dessas duas gerações não diferiram estatisticamente.

TABELA 30: Estimativa dos componentes de média para tempo de cozimento, em minutos, do cruzamento entre as linhagens CI-107 (P₁) e G2333 (P₄), geração F₂ e seus recíprocos.

Componentes	Pais, F ₂₁ e F ₂₄	P
m	43,00	0,1444
a	8,00	0,0772
d	6,51	0,1061
R ²	0,9999	

TABELA 31: Tempo médio de cozimento, em minutos, obtidos no cruzamento entre as linhagens CI-107, G2333 e nas gerações F₂, F₃.

Tratamentos	Média
P ₁ – CI-107	34
P ₄ – G2333	52
F ₂₄ - ♀ G2333 x ♂ CI-107	54
F ₃₄ - ♀ G2333 x ♂ CI-107	54
	49

TABELA 32: Estimativa da probabilidade P obtida pelo teste F, para comparação dos diferentes contrastes do cruzamento entre os genitores CI-107 (P₁) e G2333 (P₄), gerações F₂, F₃ e seus recíprocos.

Contrastes	P
P ₁ vs P ₄	0,0102
P ₁ vs F ₂₄	0,0013
P ₁ vs F ₃₄	0,0006
P ₄ vs F ₂₄	0,5972
P ₄ vs F ₃₄	0,5018
F ₂₄ vs F ₃₄	0,8961

5 DISCUSSÃO

Na condução de um trabalho dessa natureza, sobretudo por envolver a geração F₂, há necessidade de avaliação individual. Esse fato contribui para que a precisão experimental nem sempre seja boa. Observou-se que o coeficiente de variação (CV) variou de 24,9 a 34,6%, confirmando esse fato. Na literatura não foi encontrado nenhum relato da avaliação do cozimento do feijão, utilizando dados dos grãos individualmente. Há, contudo, inúmeros resultados de avaliações envolvendo linhagens ou famílias, utilizando dados médios de vários grãos. Nessa situação, a precisão experimental, avaliada pelo CV foi melhor (Elia et al., 1997; Costa et al., 2001; Belicuas et al., 2002).

Constatou-se em todos os cruzamentos que, com o aumento no tempo de armazenamento, houve incremento no tempo necessário para a cocção do feijão (Tabelas 5, 16 e 26). Há vários relatos que o tempo de cozimento do feijão, deteriora com o tempo de armazenamento e com a época de avaliação (Sartori, 1996; Moura, 1998; Egg Mendonça, 2001; Boros & Wawer, 2004). O endurecimento dos tecidos vegetais da bainha das vagens de muitas leguminosas, que acontecem pouco depois da colheita, está relacionada com a biossíntese dos compostos da parede celular, entre eles, a lignina. O teor de lignina em feijões armazenados é mais elevado que em feijões novos. Os teores variam de 8,4g/100g em feijões recém-colhidos a 13g/100g de matéria seca para feijões armazenados (Hincks & Stanley, 1997 citado por Souza, 2003).

Contudo, muito embora em alguns casos, a interação épocas x populações fosse significativa, de modo geral o comportamento em um determinado tempo de armazenamento foi semelhante ao outro. Desse modo as inferências podem ser feitas independente do tempo em que os feijões foram avaliados.

A existência de divergência entre os pais é fundamental para se testar as hipóteses que foram formuladas. Confirmou-se que os genitores diferem quanto ao tempo necessário para atingir o cozimento. A linhagem CI-107 foi de cozimento mais precoce e as linhagens Amarelinho, Carioca-80 e G2333 são tardias. Resultados esses que confirmam avaliações anteriores envolvendo essas linhagens (Costa et al., 2001; Belicuas et al., 2002). Há alguns fatores intrínsecos à cultivar que provavelmente afetam seu cozimento. Entre eles a composição química. Na Tabela 1, onde é apresentada a composição química de algumas cultivares de feijão, verifica-se que os parentais, que exigem maior tempo de cocção, apresentam em relação à linhagem CI-107 maiores teores de fibra bruta e lignina. É devido a esse fato que provavelmente a digestibilidade delas foi menor.

O grão de feijão, mostrado na Figura 1, evidencia a existência de três constituintes principais: o tegumento, que corresponde a aproximadamente 1% do peso total, o eixo embrionário e os cotilédones. Desses constituintes, o tegumento, desenvolvido a partir da parede do óvulo, é tecido materno. Já os cotilédones são produtos da fertilização. Em termos de estudo de genética, esse é um complicador, pois esse último constituinte, por possuir efeito de xênia (Ramalho et al., 2004), estão em geração diferente do tegumento. Assim, após a hibridação os cotilédones manifestam o resultado do cruzamento, geração F_1 , ao passo que o tegumento, por ter sido formado antes da fertilização, apresenta o genótipo materno. O objetivo principal desse trabalho era verificar dentre os principais constituintes do grão, qual (is) afetavam o tempo de cozimento do feijoeiro. Como eles estão em gerações diferentes, o resultado do cruzamento recíproco pode responder esse questionamento.

Os resultados obtidos nos três cruzamentos evidenciaram que o tempo de cocção é função predominante do tegumento. Isto porque as sementes F_1 tiveram sempre comportamento igual ao genitor feminino, no que se refere o tempo de

cocção (Tabelas 5, 16 e 26). Tanto o comportamento das gerações F_2 e F_3 quanto resultados referentes às estimativas dos componentes de média, especialmente a contribuição dos locos em heterozigose d , reforçam essa observação. Veja que quando foram usados apenas os grãos da geração F_1 e genitores, a contribuição desse componente foi nula na expressão do caráter. Já quando envolvida a geração F_2 , do embrião e F_1 do tegumento, esse componente foi diferente de zero (Tabelas 10, 21 e 30). Assim, a expressão desse caráter foi dependente da constituição genética do tegumento e, portanto, é um caráter que apresenta efeito materno.

Um outro questionamento é quais seriam os fatores do tegumento responsáveis pela maior ou menor facilidade de cocção. Já foi mencionado que a lignina e fibra bruta afetam a cocção, o que é coerente com a observação, pois essas substâncias se concentram no tegumento (Egg Mendonça, 2001).

Há vários relatos que mostram ser o tempo de cocção dependente da capacidade de absorção de água pelos grãos (Elia et al., 1997; Hosfield & Beaver, 2001). Como o tegumento está diretamente envolvido com a absorção de água fica fácil explicar a maior influência do tegumento na expressão do tempo de cozimento. Bushey et al. (2002b) comprovaram esse fato utilizando três cultivares de feijão de cor preta que diferiam na absorção de água. Uma com tegumento brilhante e dois opacos. Descoraram as sementes e comprovaram que elas absorveram o dobro da quantidade de água em relação à não descorada. A razão das sementes brilhantes exigirem maior tempo de cocção foi evidenciado por meio de experimentos utilizando microscopia de varredura. Bushey et al., (2002b) comprovaram que feijões brilhantes têm uma camada de cera na superfície do tegumento que reduz a absorção de água. Essa mesma observação foi comprovada posteriormente por Bushey et al. (2002a), quando retiraram a camada de cera dos feijões brilhantes, utilizando xileno, e, a partir de então, a absorção de água passou a ser idêntica ao dos feijões opacos. Vale salientar que

a presença de brilho é devido a um único gene: o Asp. Então, se o tempo de cocção fosse função apenas da presença de brilho seria um caráter de fácil seleção.

A cultivar Carioca-80, que exige maior tempo de cozimento, possui halo amarelo em torno do hilo. A expressão desse caráter tem sido associada a dificuldades de cocção. É oportuno salientar, entretanto, que nem sempre essa constatação é correta. A cor amarela é devida a alguns genes. Um deles, o J, tem efeito pleiotrópico na absorção de água e assim no tempo de cocção. Porém outros genes, que conferem também a cor amarela, em torno do halo, não possuem o mesmo efeito no tempo de cocção.

Existem alguns trabalhos na literatura referentes ao controle genético do tempo de cocção e da absorção de água (Elia et al., 1997; Belicuas et al., 2002; Jacinto-Hernandez et al., 2003). De um modo geral, ficou evidenciado que o caráter possui herdabilidade alta. No presente trabalho ficou evidenciado que no controle do caráter, devem estar envolvidos genes cuja interação alélica é de dominância, no sentido de aumentar o tempo necessário à cocção (Tabelas 21 e 30). A contribuição dos locos em homozigose também foi marcante na maioria das situações.

Do exposto, ficou evidenciado que o tempo de cocção é função de alguns fatores. Entre eles, como já mencionado, a composição química. Assim, a seleção deveria ser efetuada visando reduzir a quantidade de fibra nos grãos, por exemplo. Contudo, as fibras contribuem para o maior valor nutricional que podem ajudar na prevenção de várias doenças (Pennington, 1998). De modo análogo, alguns antioxidantes, nos feijões coloridos, certamente afetam as propriedades culinárias. A redução de pigmentos para tornar os feijões com menor tempo de cozimento, poderia reduzir as vantagens nutricionais dos feijões. É necessário comprovar quais substâncias realmente têm vantagens nutricionais e terapêuticas para orientar os futuros trabalhos de seleção, visando

a tornar as novas cultivares de feijão não só vantajosas, sob a ótica das propriedades culinárias, como também nutricionais.

6 CONCLUSÕES

A) O tempo de armazenamento afetou as propriedades culinárias, contudo a interação populações x épocas, embora significativa de um modo geral, não alterou as inferências a respeito do constituinte dos grãos que mais afeta o tempo de cozimento.

B) O tegumento é o principal constituinte do grão de feijão responsável pelo maior ou menor tempo de cocção. Dessa forma, na expressão desse caráter ocorre efeito materno.

C) No seu controle genético, devem estar envolvidos genes com alelos que expressam dominância no sentido de aumentar o tempo necessário à cocção dos grãos de feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995. 63 p.

BELICUAS, P. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Controle genético da Capacidade de Cozimento dos Grãos de Feijão. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA – CICESAL, 15., 2002, Lavras, MG. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2002. p. 65.

BENINGER, C. W.; HOSFIELD, G. L. Antioxidant Activity of Extracts, Condensed Tannin Fractions, and Pure Flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. Seed Coat Color Genotypes. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Michigan, v. 51, n. 12, p. 7879-7883, Dec. 2003.

BENNETT, B. Counting beans. **Better Homes & Gardens**. Ago. 2002.

BENNINK, M. R.; BARRETT, K. G. Total phenolic content in canned beans. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 47, p. 211-212, 2004.

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: UFV, 1998. p. 13-15.

BOROS, L.; WAWER, A. Genotypic and seasonal effects on seed parameters and cooking time in dry Edible bean. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 47, p. 213-214, 2004.

BOROS, L.; WAWER, A. Evaluation of dry beans recombinant inbred lines for agronomic performance and culinary quality. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 46, p. 55-56, 2003.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v. 9, n. 2, p. 237-297, 1993.

BRICK, M. A.; GUL, G.; SCHWARTZ, H. F. Morphological features of the seed coat surface of shiny and opaque black bean seed. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.43, p. 15, mar. 2000.

BUSHEY, S. M.; HOSFIELD, G. L.; BENINGER, C. W. Water Uptake and its relationship to pigment leaching in black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 43, p. 104-105, 2000.

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, 2002a.

BUSHEY, S. M.; OWENS, S.; HOSFIELD, G. L. The epicuticular wax layer and water uptake in black beans. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, p. 159-160, 2002b.

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.

COSTA, G. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.

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.

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L. Genetic variability for cooking time of dry seeds of common bean and its relation to water absorption. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 38, p. 91-92, mar. 1995.

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

FERREIRA, D. F.; ZAMBALDE, A. L. Simplificação das análises de algumas técnicas especiais da experimentação agropecuária no MAPGEN e softwares correlacionados. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA A AGROPECUÁRIA E AGROINDÚSTRIA, 1., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1997. p. 285-291.

GUAZZELLI, R. J. Dos objetivos do melhoramento do feijoeiro. In: GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS/CURSO DE FÉRIAS DO INSTITUTO DE GENÉTICA, n. 9., 1966, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1966.

HALL, T. C.; McLEESTER, R. C.; BLISS, F. A. Equal expression of the maternal and paternal alleles for polypeptide subunits of the major storage protein of the bean *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, Washington, v. 59, n. 6, p. 1122-1124, June 1977.

HOSFIELD, G. L.; BEAVER, J. L. Cooking Time in Dry Bean and Its Relationship to Water Absorption. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.44, p. 157-158, 2001.

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

JACINTO-HERNANDEZ, C.; AZPIROZ-RIVERO, S.; ACOSTA-GALLEGOS, HERNANDEZ-SANCHEZ, H.; BERNAL-LUGO, I. Genetic Analysis and Randon Amplified Polymorphic DNA Markers Associated with Cooking Time in Common Bean. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 1, p. 329-332, Jan./Feb. 2003.

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

LELEJI O. I.; DICKSON, M. H.; CROWDER, L.V.; BOURKE, J. B. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in

beans *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 168-171, Abr. 1972.

LEON, J. **Fundamentos Botánicos de los cultivos tropicales**. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., 1968. 487 p.

MESQUITA, I. A. **Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 70 p. 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.

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

PEREIRA, P. A. A. A cultura do feijão no Brasil: situação atual e perspectivas. In: Fancelli, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1999. p. 1-8.

POLIGANO, G. B. Breeding for protein percentage and seed weight in *Phaseolus vulgaris* L. **The Journal Agricultural Science**, London. v. 1, p. 191-197, Aug. 1982.

PORTER, W. M. **Genetic control of protein and sulfur contents in dry bean, *Phaseolus vulgaris* L.** 1972. Thesis (Ph. D) - Purdue University, Purdue.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a Modified Mattson Bean Cooker Procedure Based on Sensory Panel Cookability Evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, Ottawa, v. 20, n. 1, p. 9-14, Feb. 1987.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. P. **Genética na Agropecuária**. Lavras: Ed. UFLA, 2004.

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

RAMOS JÚNIOR, 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, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 263-266.

RIBEIRO, N. D.; SILVA, S. M. e.; SLUSZZ, T.; HOFFMANN JÚNIOR, L.; POSSEBON, S.B. Variabilidade genética para absorção de água em genótipos de feijoeiro dos grupos preto e de cor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro, 2003a. CD-ROM.

RIBEIRO, N. D.; SLUSZZ, T.; SILVA, S. M. e.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adequação do teste de absorção de água pelos grãos de feijão para avaliação precoce de linhagens com cocção rápida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro, 2003b. CD-ROM.

ROWE, K. E.; ALEXANDER, W. L. Computations for estimating the genetic parameters in joint-scaling tests. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 1, p. 109-110, 1980.

SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: UFV, 1998. p. 55-82.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S. A.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 543-558.

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

STANSFIELD, W. D. **Genetica**. México: McGraw Hill, 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS user's**: guide
statistical version 8.0. Cary, NC: SAS Institute, 2000.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2.
ed. New York: MacGraw-Hill, 1980. p. 633.