



MARQUES CACHISSO BAMBO DONÇA

**SELEÇÃO PRECOCE PARA CARACTERES
DOS GRÃOS NO MELHORAMENTO DO
FEIJÃO-CAUPI**

LAVRAS - MG

2012

MARQUES CACHISSO BAMBO DONÇA

**SELEÇÃO PRECOCE PARA CARACTERES DOS GRÃOS NO
MELHORAMENTO DO FEIJÃO-CAUPI**

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

Orientador

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

Coorientador

Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho

LAVRAS - MG

2012

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

Donça, Marques Cachisso Bambo.

Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão caupi / Marques Cachisso Bambo Donça. – Lavras : UFLA, 2012.

102 p. : il.

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

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. Tipo de grão. 2. Interação progênies x locais. 3. Herdabilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.6523

MARQUES CACHISSO BAMBO DONÇA

**SELEÇÃO PRECOCE PARA CARACTERES DOS GRÃOS NO
MELHORAMENTO DO FEIJÃO-CAUPI**

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

APROVADA em 21 de Junho de 2012.

Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho EMBRAPA MEIO-NORTE

Dr. Adriano Teodoro Bruzi UFLA



Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
Orientador

LAVRAS – MG

2012

A Deus Todo Poderoso, Que Sempre Esteve Comigo.

OFEREÇO

Aos meus pais, Francisco Bambo (in memoriam) e Everesse Cachisso;

A minha segunda mãe Helena Bambo;

A minha esposa Stella José Manuel Percheiro e aos meus filhos Heleno, Breninho, Irae, Crichulia e Iris.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, iluminando-me e ensinando a vencer os obstáculos;

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas;

Ao Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique, Vale do Rio Doce e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, conhecimentos transmitidos e exemplo de dedicação à profissão e apoio incondicional;

Ao Doutor Francisco Rodrigues Freire Filho, pelo incansável apoio, disponibilidade e valiosas contribuições a este trabalho;

Ao professor Adriano Teodoro Bruzi, pela disponibilidade em participar da banca e pelas valiosas contribuições para a melhoria deste trabalho;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, César Brasil, João Cândido, José Airton Nunes, Flávia Avelar, João Bosco dos Santos, pelos conhecimentos transmitidos;

À Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelo auxílio na condução dos experimentos e análise dos dados;

À equipe do Programa de Melhoramento Genético do Feijoeiro, em especial aos colegas, Indalécio e Carancas, pela valiosa contribuição e auxílio na condução dos experimentos;

Aos colegas de mestrado, Samuel, Gustavo, Danuza, Eva, Breno, Bruna, pela excelente convivência, apoio e amizade;

À equipe da EMBRAPA, pelo apoio prestado durante a fase de recolha de dados, especialmente o Sr. Manuel, Erina, Rosana, Michel, Hendrie;

Aos colegas do Núcleo de Estudos de Genética (Gen), pela amizade e agradável convivência;

Aos funcionários do DBI, Heloísa, Léo, Lindolfo, Zélia, Rafaela e Ironidina, pela amizade, disponibilidade e agradável convivência;

Aos colegas de república, João, Caetano e Mesquita, pela paciência, boa convivência e amizade;

Aos amigos Moses, Suluza, Marla, Ludmila, Ismael, Lismara , Nair e Malam, pela amizade, ajuda e momentos de descontração;

A minha família, por sempre me apoiar, compreender minha ausência e acreditar em mim;

A minha esposa Stella Percheiro, pelo apoio, incentivo, compreensão e amor que mesmo longe, sempre acreditou em mim;

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado!

RESUMO

Caracteres associados ao tipo dos grãos no feijão-caupi, normalmente apresentam herdabilidade alta, e têm recebido atenção crescente por parte dos atacadistas e consumidores. Por isso, é aplicada forte intensidade de seleção para esses caracteres nas gerações iniciais de um programa de melhoramento. No entanto, não se tem informações sobre o efeito dessa seleção para caracteres de herdabilidade alta como tipo de grãos, no comportamento futuro das progênies para os caracteres de herdabilidade baixa, como produtividade de grãos. Objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da seleção precoce para o tamanho dos grãos, em uma população segregante de feijão-caupi, na produtividade de grãos em gerações mais avançadas; a possibilidade de sucesso na população utilizada, para a seleção de caracteres associados à qualidade e produtividade de grãos e estimar o efeito da interação e seu efeito no sucesso da seleção. Para isso, foram cruzadas duas linhagens, ambas com grão de coloração branca, a MNC 04-784B-38-2 com tamanho e anel do hilo pequenos e MNC05-832B-234-5 com peso de semente relativamente maior e precoce. A F_1 foi retrocruzada com a linhagem MNC05-832B-234-5 e conduzidas até a geração F_3 . Nessa geração os grãos foram divididos em duas amostras. Em uma delas procedeu-se a seleção para tamanho de grãos, sendo mantidos apenas os grãos retidos na peneira de 7 mm. Essas duas populações foram avançadas em bulk até a geração F_5 . Nessa geração foram retiradas 97 progênies $F_{5,6}$ por subpopulação. As 194 progênies, juntamente com os dois genitores, foram avaliadas em Teresina, com semeadura em Julho, utilizando látice 14x14. As mesmas progênies $F_{5,7}$ foram novamente avaliadas em Lavras, semeadura em Novembro. Em ambas as gerações foi obtida a produtividade de grãos, o peso de 100 grãos, a porcentagem de grãos retidos nas peneiras de 7, 6 e 5 mm, largura e comprimento dos grãos e do hilo. As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos obtidos permitiram inferir que: A população segregante tem potencial para se obter sucesso com a seleção para alguns caracteres, pois associa média e variância genética alta. A seleção precoce para caracteres relacionados aos aspectos dos grãos não afetam o sucesso da seleção em gerações mais avançadas para a produtividade de grãos. A interação progênies x locais para o alguns caracteres foi expressiva com predominância do tipo complexa especialmente para a produtividade de grãos.

Palavras chaves: Feijão-caupi. Seleção precoce. Tipo de grão. Interação progênies x locais. Herdabilidade.

ABSTRACT

Traits associated with the grains type in cowpea usually have high heritability and have been receiving increasing attention by the wholesalers and consumers. Therefore, intense selection for these traits is applied in early generations of the breeding program. However, there is no information about the effect of selection for traits of high heritability, such as type of grain, on the future behavior of the progeny for the traits of low heritability, such as grain yield. The objective of this study was to evaluate the effect of early selection for the size of the grain in a segregating population of cowpea in grain yield in later generations, the possibility of success of traits associated with the quality and grain yield in the population used for the selection; and estimate the effect of the interaction and its effect on the success of the selection. Two lines were crossed, both with white colored grain, the MNC-04 784B-38-2, with a small size and small hilum ring; and MNC05-832B-234-5, with a relatively greater weight of seed and early maturity. The F_1 was back-crossed to line MNC05-832B-234-5 and led to the F_3 generation. In this generation, the grains were split in two samples. One of them proceeded to selection for grain size, and only kept the grains retained on the sieve of 7 mm. These two populations were advanced in bulk to the F_5 generation. In this generation, 97 progenies $F_{5,6}$ were withdrawn per subpopulation. All 194 progenies, along with both parents, were evaluated in Teresina, with sowing in July, using 14x14 lattice. The same progenies $F_{5,7}$ were re-assessed in Lavras, sowing in November. In both generations were measured the yield of the grain, weight of 100 grains, the percentage of grains which were retained in sieves of 7, 6 and 5 mm, and width and length of the grains and of the hilum. The estimates of genetic and phenotypic parameters obtained made it possible to infer that: the segregating population has the potential to succeed with the selection for some traits, since it links the medium and high genetic variance. Early selection for traits related to the aspect of the grains does not affect the success of selection for grain yield in later generations. The progeny x location interaction for some traits were expressive with the predominance of the complex type, especially for grain yield.

Key words: Cowpea bean. Early selection. Grain type. Progeny x location interaction. Heritability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Semente de feijão-caupi, mostrando o hilo, a membrana e o anel do hilo.....	22
Figura 2	Esquema do trabalho realizado visando a avaliação da eficiência da seleção precoce para o tamanho grãos de feijão- caupi em F ₃ RC ₁₂ , na produtividade de grãos em F _{5:6} e F _{5:7}	36
Figura 3	Distribuição de frequência do peso médio de 100 grãos (g) das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F ₃ , e avaliadas na geração F _{5:6} em Teresina PI (A) e em F _{5:7} em Lavras MG (B).....	56
Figura 4	Distribuição de frequência das porcentagens média de grãos retidos na peneira de 7 mm, das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F ₃ , e avaliadas na geração F _{5:6} em Teresina PI (A) e em F _{5:7} em Lavras MG (B)	58
Figura 5	Distribuição de frequência das porcentagens média de grãos retidos na peneira de 6 mm, das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F ₃ , e avaliadas na geração F _{5:6} em Teresina PI (A) e em F _{5:7} em Lavras MG (B)	59
Figura 6	Distribuição de frequência das porcentagens média de grãos retidos na peneira de 5 mm, das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F ₃ , e avaliadas na geração F _{5:6} em Teresina PI (A) e em F _{5:7} em Lavras MG (B)	60
Figura 7	Distribuição de frequência do comprimento de grão (mm), das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F ₃ , e avaliadas na geração F _{5:6} em Teresina PI (A) e em F _{5:7} em Lavras MG (B).....	67

Figura 8	Distribuição de frequência da largura do grão (mm), das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5:6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5:7}$ em Lavras MG (B).....	68
Figura 9	Distribuição de frequência da largura do hilo (mm), das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5:6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5:7}$ em Lavras MG (B).....	74
Figura 10	Distribuição de frequência do comprimento do hilo (mm), das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5:6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5:7}$ em Lavras MG (B).....	75
Figura 11	Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (t/ha) das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 e avaliadas na geração $F_{5:6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5:7}$ em Lavras MG (B).....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estimativas de herdabilidade para produtividade de grãos e peso de cem sementes no feijão-caupi.....	26
Tabela 2	Esquema das análises individuais por geração e conjunta envolvendo os locais Teresina e Lavras com as respectivas esperanças dos quadrados médios	40
Tabela 3	Estimadores para obtenção das estimativas dos componentes de análise de variância genética e fenotípica.....	41
Tabela 4	Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres peso de 100 grãos (g), porcentagens de semente retidas nas peneiras de 7, 6 e 5 mm, dados obtidos na avaliação de progênies de caupi geração $F_{5,6}$ conduzidas em Teresina e $F_{5,7}$ em lavras.....	49
Tabela 5	Estimativas do peso médio de 100 grãos (g) obtidas na avaliação de progênies $F_{5,6}$ em Teresina (PI) e $F_{5,7}$ em Lavras e na média dos dois ambientes.....	50
Tabela 6	Estimativas de porcentagens médias de grãos, separadas nas peneiras de 7 mm, 6 mm e 5 mm, obtidas na avaliação de progênies $F_{5,6}$ em Teresina (PI) e $F_{5,7}$ em Lavras e na média dos dois ambientes.....	51

Tabela 7	<p>Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_p) entre médias de progênes nos dois locais para o peso de 100 grãos, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.....</p>	52
Tabela 8	<p>Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênes nos dois locais (r_p) para a porcentagem de grãos retidas na peneira de 7 mm, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.....</p>	53
Tabela 9	<p>Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_p) entre médias de progênes nos dois locais para a porcentagem de grãos retidas na peneira de 6 mm, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.....</p>	54

Tabela 10	Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênes nos dois locais (r_P) para a porcentagem de grãos retidas na peneira de 5 mm, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI), F _{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais	55
Tabela 11	Estimativas de ganhos esperados com a seleção (Gs) para o peso de 100 grãos, obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina, PI e F _{5:7} em Lavras, MG	57
Tabela 12	Análise de variância conjunta para os caracteres largura e comprimento do grão (mm), dados obtidos na avaliação de progênes de caupi, geração F _{5:6} conduzida em Teresina e F _{5:7} em lavras	62
Tabela 13	Estimativas de média do comprimento e largura de grão (mm) obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI) e F _{5:7} em Lavras e na média dos dois ambientes	63
Tabela 14	Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênes nos dois locais (r_P) para a comprimento do grão, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI), F _{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais	64

Tabela 15	Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênes nos dois locais (r_P) para a largura do grão, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI), F _{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.....	65
Tabela 16	Análise de variância conjunta para os caracteres, largura e comprimento do hilo (mm), dados obtidos na avaliação de progênes de caupi geração F _{5:6} conduzidas em Teresina e F _{5:7} em lavras.....	70
Tabela 17	Estimativas de média do comprimento e largura de hilo (mm) obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI) e F _{5:7} em Lavras e na média dos dois ambientes	71
Tabela 18	Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_P) entre médias de progênes nos dois locais para a largura do hilo, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI), F _{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais	72

Tabela 19	Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_p$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_p) entre médias de progênes nos dois locais para o comprimento do hilo, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI), F _{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.....	73
Tabela 20	Análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha), dados obtidos na avaliação de progênes de caupi geração F _{5:6} conduzidas em Teresina e F _{5:7} em lavras.....	76
Tabela 21	Estimativas da produtividade média de caupi (Kg/ha) obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI) e F _{5:7} em Lavras e na média dos dois ambientes.....	77
Tabela 22	Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_p$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_p) entre médias de progênes, para a produtividade de grãos, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina (PI), F _{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.....	80
Tabela 23	Estimativas de ganhos esperados com a seleção (Gs) para a produtividade de grãos, obtidas na avaliação de progênes F _{5:6} em Teresina, PI e F _{5:7} em Lavras, MG.....	82

Tabela 24 Estimativa de médias entre as progênies selecionadas (P_s) e não selecionadas (P_n), dos experimentos conduzidos em Teresina e Lavras, considerando um índice de seleção de 10% ... 83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Sistemática, morfologia e biologia floral do feijão-caupi	20
2.2	O Feijão-caupi no Mundo e no Brasil	22
2.3	Controle genético da coloração e tamanho do anel do hilo	24
2.4	Produtividade de grãos	25
2.5	Métodos de melhoramento	27
2.5.1	Descrição de alguns métodos de melhoramento utilizados no feijão-caupi	28
2.6	Seleção precoce	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1	Local	34
3.2	Genitores utilizados	34
3.3	Obtenção da população segregante	34
3.4	Condução dos bulks	35
3.5	Avaliação das progênes $F_{5:6}$	37
3.6	Avaliação das progênes $F_{5:7}$	37
3.7	Dados coletados nas gerações $F_{5:6}$ e $F_{5:7}$	37
3.8	Análise dos dados	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Resultados	47
4.2	Discussão	83
5	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS	90
	APÊNDICES	97

1 INTRODUÇÃO

No melhoramento genético do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), os melhoristas manuseiam vários caracteres visando à identificação da melhor linhagem. Alguns desses caracteres, como a produtividade dos grãos, são controlados por muitos genes, muito influenciados pelo ambiente e normalmente com herdabilidade baixa. Por outro lado, outros caracteres qualitativos como a coloração dos grãos, tamanho da semente, coloração do hilo apresentam herdabilidade alta.

Quando da condução do programa de melhoramento é obtida a geração F_1 uniforme e a partir da geração F_2 já ocorre a segregação genética. Nessa geração, a probabilidade de se identificar um indivíduo com todos os alelos em homozigose é baixa, mas se forem considerados os homozigotos e heterozigotos ela aumenta. Com o avanço da endogamia, contudo a probabilidade de manter um alelo favorável diminui. Por essa razão tem sido proposta a seleção precoce, ou seja, realizada a partir das gerações F_2 ou F_3 (RAMALHO et al., 2012).

A eficiência da seleção precoce, contudo, é frequentemente questionada. Uma das razões é que na geração F_2 a seleção para a maioria dos caracteres, tem sido visual. A eficácia da seleção visual normalmente é baixa para caracteres como a produtividade de grãos (CUTRIM; RAMALHO; CARVALHO, 1997). Bernardo (1991) mostrou que a seleção precoce é função da correlação entre o fenótipo do indivíduo (F_i) na geração i e o genótipo (G_j) correspondente na geração j (r_{FiGj}). A correlação (r_{FiGj}) é função da correlação genética nas gerações i e j e da raiz quadrada da herdabilidade (h^2), ou seja $r_{FiGj} = r_{GiGj} * \sqrt{h^2}$. Como a r_{GiGj} depende apenas da endogamia e é normalmente alta, o sucesso da seleção precoce vai ser função da herdabilidade. Por essa razão tem sido propalado que a seleção precoce só funciona para caracteres de herdabilidade alta.

O questionamento que resta é qual o efeito da seleção precoce para caracteres de herdabilidade alta como tipo de grãos, no comportamento futuro das progênies para os caracteres de herdabilidade baixa, como produtividade de grãos. Na cultura de feijoeiro, Santos (2001) mostra que a seleção em F_3 , para a cor dos grãos não afetou o resultado da seleção para a produtividade de grãos em F_4 ou F_5 . No caso do caupi, o aspecto dos grãos tem recebido atenção crescente e por isso é aplicada forte intensidade de seleção para esse caráter na geração F_2 ou F_3 . No entanto não se tem informações das implicações dessa seleção para a produtividade de grãos em gerações mais avançadas. Também não se tem inferência do efeito da interação dos genótipos x ambientes na seleção dos caracteres tanto aqueles submetidos a seleção precoce ou não.

Do exposto realizou-se o presente trabalho o qual se objetivou verificar o efeito da seleção precoce para o tamanho dos grãos, em uma população segregante de caupi, na produtividade de grãos em gerações mais avançadas, a possibilidade de sucesso na população utilizada, para a seleção de caracteres associados à qualidade e produtividade de grãos e estimar o efeito da interação e sua influência no sucesso da seleção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemática, morfologia e biologia floral do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma planta *Dicotyledonea*, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, seção *Catjang* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp (MARÉCHAL; MASCHERPA; STAINER, 1978; PADULOSI; NG, 1997; SMARTT, 1990 citados por FREIRE FILHO et al., 2011; VERDCOURT, 1970).

O feijão-caupi possui germinação epígea, com os cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal. O sistema radicular é do tipo axial, relativamente superficial, embora algumas raízes possam atingir a profundidade de 2,0 m. A raiz principal e as secundárias apresentam nódulos quase sempre eficientes devido à associação com bactérias nitrificadoras nativas do solo (MAFRA, 1979).

A arquitetura da planta é bastante variável entre e dentro dos cultivares (ARAÚJO, 1979). Os vários tipos de porte apresentados foram classificados segundo Freire Filho (2005) em ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado, com o número de nós e de ramificações variáveis. O hábito de crescimento pode ser determinado; neste caso a planta pára de crescer após a emissão da inflorescência na extremidade da haste principal, ou indeterminado quando o ramo principal continua crescendo até o final do ciclo.

O primeiro par de folhas é séssil, simples e opostas, exibindo considerável variação de forma e tamanho. As folhas secundárias são trifolioladas e longo-pecioladas. O folíolo terminal é frequentemente comprido e de maior área que os folíolos assimétricos laterais, as formas variam de linear lanceoladas a ovaladas (ARAÚJO, 1979).

No feijão-caupi, a inflorescência é formada a partir de um eixo central, que consiste de um racemo modificado, contendo seis a oito pares de gemas florais; pode ser simples, quando possui apenas uma inflorescência, ou composta, quando apresenta mais do que uma inflorescência (ROCHA et al., 2001).

As flores do feijão-caupi são classificadas como perfeitas, zigomorfas e estão distribuídas aos pares no racemo, na extremidade do pedúnculo, região que antecede a flor ou o fruto, o qual se desenvolve a partir da axila da folha. O cálice é pentâmero, persistente e gamossépalo, podendo variar de completamente verde a completamente roxo. A corola é pentâmera e dialipétala. A maior pétala é denominada de estandarte e está localizada na parte posterior da flor. Durante a antese, o estandarte é a única pétala que se abre completamente, enquanto as demais permanecem na mesma posição que ocupavam anteriormente na gema (ROCHA et al., 2001).

As duas pétalas laterais, denominadas asas, cobrem as pétalas inferiores. O estandarte e as asas podem apresentar padrão de coloração completamente branca à completamente roxa, e exibir tons intermediários para as cores; roxa e branca. O androceu apresenta-se incluso em relação à corola. É composto de dez estames, sendo um livre e nove unidos (ROCHA et al., 2001).

A biologia floral desta cultura mostra que ela é bastante evoluída, pois, embora sendo amplamente autopolinizada, mantém a capacidade da polinização cruzada. Apesar de ter os órgãos reprodutivos bem protegidos pelas pétalas e ocorrerem a protoginia e a cleistogamia que favorecem a autogamia, o feijão-caupi apresenta uma pequena taxa de cruzamento natural que varia com o ambiente e com o genótipo (ROCHA et al., 2001).

O fruto é uma vagem de tamanho e forma variável, contendo no seu interior sementes disposta em fileiras (MAFRA, 1979). A semente de caupi é constituída externamente de um tegumento ou testa, hilo e caracteres

relacionados ao hilo (Figura 1). Ela pode apresentar forma arredondada, ovalada, elíptica, reniforme, losangular, quadrangular e comprimida (FREIRE FILHO et al, 2011).

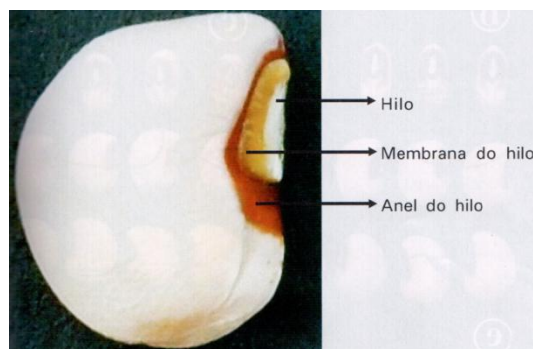


Figura 1 Semente de feijão-caupi, mostrando o hilo, a membrana e o anel do hilo
Fonte: Freire Filho et al. (2011)

Podem ser encontrados grãos de caupi com variabilidade na cor e no tamanho. A classificação do tamanho da semente é de extrema importância tanto para o melhoramento da cultura como para comercialização. Normalmente é avaliada como peso de 100 sementes/grãos. As sementes podem ser classificadas em: pequenas (≤ 15 g/100 grãos), médias (15,1- 20 g/100 grãos), grandes (20,1- 25 g/100 grãos) e muito grandes ($\geq 25,1$ g/100 grãos) (OGLE; WITCHER; BARNETT, 1987 citados por HENSHAW, 2008).

2.2 O Feijão-caupi no Mundo e no Brasil

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) é uma leguminosa de ampla distribuição mundial encontrada principalmente nas regiões tropicais, cujas características edafoclimáticas assemelham-se às do seu provável centro de origem, a África (MOSTASSO et al., 2002). Aproximadamente 14,5 milhões de

hectares constituem a área ocupada com feijão-caupi no mundo (IITA, 2004 citado por MOHAMMED; RUSSOM; ABDUL, 2010). Segundo Freire Filho et al. (2011), estima-se que no período 2005 à 2009, a produção mundial de caupi foi de 5.641.762 toneladas numa área de 12.218.774 hectares.

Freire Filho et al. (2011) mencionam que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina, no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses e em seguida no Brasil, provavelmente no estado da Bahia, expandindo-se posteriormente para outras regiões do país. Esta cultura possui vários nomes vulgares, sendo conhecido como feijão-de-corda, feijão-macassa, feijão-da-colônia, feijão-de-praia, feijão-de-estrada, feijão-miúdo, feijão-catador, feijão-gurutuba, feijão-fradinho (BRAGA, 1976; FREIRE FILHO et al., 2011; LOPES; GOMES; FREIRE FILHO, 2003; PEDRO; ALVES, 2007).

No Brasil, o feijão-caupi é mais cultivado nas regiões Norte, principalmente no Nordeste o qual, tem uma grande importância como fonte geradora de emprego e renda e, constitui-se em um dos principais componentes da alimentação humana nos Estados dessa região, estando entre as principais culturas de subsistência, em virtude do elevado teor proteico e energético, constituindo-se uma cultura de valor atual e estratégico (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é uma importante fonte de proteína de baixo custo e cuja plasticidade permite sua adaptação em diferentes condições ambientais. Os fatores responsáveis pela sua versatilidade em sistemas de produção são a tolerância a estresse hídrico, pouca exigência quanto à fertilidade do solo e capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico através da associação simbiótica (FREIRE FILHO et al., 2005).

2.3 Controle genético da coloração e tamanho do anel do hilo

No feijão-caupi, as características visíveis do grão são importantes e diretamente relacionadas com a demanda dos consumidores (FAYE et al., 2004). O conhecimento do seu controle genético poderá auxiliar os melhoristas na incorporação dessas características nas novas cultivares tendo em consideração a atual demanda. Mais recentemente cultivares com coloração do anel do hilo clara e persistente, com tamanho do hilo e anel do hilo pequenos tem-se destacado no mercado (FREIRE FILHO et al., 2011).

Em feijão-caupi, pode ser encontrada cultivares que possuem grãos com tegumentos parcialmente pigmentados, completamente pigmentados ou que não exibem nenhuma pigmentação. Pode também ser encontradas cultivares que possuem grãos com pigmentos confinado a determinadas áreas. A presença de pigmentos é dominante sobre a ausência de pigmentos (PADI, 2003).

Entre os genes que restringem a distribuição de pigmentos, três chamam atenção por produzirem dois tipos de características de anel do hilo: os genes *h-1* (SEM; BHOWAL, 1961; SPILLMAN; SANDO, 1930 citados por FREIRE FILHO, 1988) e genes *h-2* (HARLAND, 1919 citado por FREIRE FILHO, 1988), que produzem o anel do hilo do tipo *Holstein* que se caracteriza por cobrir grande parte da semente e ter margens bem definidas; e o gene *w* (HARLAND, 1919; SEM; BHOWAL, 1961; SPILLMAN; SANDO, 1930 citados por FREIRE FILHO, 1988; SPILLMAN, 1911), que se caracteriza por cobrir parcialmente a semente e principalmente por não possuir margens definidas. A combinação desses genes produz ampla variação nos tipos de anel de hilo (auréolos). Os autores sugeriram os seguintes genótipos básicos:

- a) Semente completamente colorida – *H-1_W_*
- b) Tipo *Holstein* – *h-1h-1W_*

- c) Tipo *Watson-H-I_ww*
- d) Anel do hilo pequeno- *h-1h-1ww*

Com objetivo de avaliar o padrão de segregação para o tamanho e coloração do anel do halo na cultura de caupi, Padi (2003) realizou dois cruzamentos. No primeiro, cruzou duas cultivares (ITP-148 x KVx61-1-1), uma com halo menor e outra com halo maior. O autor constatou dominância parcial da semente de tamanho do anel do halo muito pequeno sobre o tamanho do anel do halo do tipo *Holstein*. Na geração F₂, observou três fenótipos para o tamanho do anel do hilo (muito pequeno, tipo *Holstein* e médio), indicando que este caráter possui herança monogênica. No cruzamento entre cultivares (01-15-52 x Sul-518 e 01-11-52 x ITP-148) com halo de coloração preto e marrom, ele observou dominância de sementes com halo preto sobre sementes com halo marrom, evidenciando que o controle deste caráter tem herança monogênica.

2.4 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos é um caráter que possui herança poligênica e é muito influenciado pelo ambiente. Em função desse fato, dados na literatura evidenciam que a herdabilidade (h^2) para o caráter produtividade de grãos é muito variável (Tabela 1).

A comparação das estimativas apresentadas na Tabela 1 é difícil em função da variação no método utilizado, o tipo de progênie empregado, a unidade seletiva de referência e a própria população segregante empregada. Veja que as estimativas foram muito variáveis como já esperado e tanto para o peso de 100 grãos como para produtividade a maioria das estimativas foi de grande magnitude.

Tabela 1 Estimativas de herdabilidade para produtividade de grãos e peso de cem sementes no feijão-caupi

Método utilizado	PCG (%)	PROD (%)	Fonte
Avaliação de famílias $F_{2;3}$ e $F_{2;4}$	98,0	80,0-83,0	Padi (2006)
Avaliação de 16 genótipos -Canapu	82,7	-	Lopes et al. (2001)
Avaliação de 127 $F_{2;3}$ $F_{2;4}$	85,1	56,7	Padi e Ehlers (2008)
50 genótipos		17,3	Apte, Chavan e Jadhav (1987)
49 linhas puras		51,6	Patil e Baviskar (1987)
45 $F_{2;S}$		18,3	Savitramma (1992)
54 diversos genótipos		98,5	Selvi et al. (1994)
3 Populações F_2		85,8	Gowda, Hiremath e Salimath (1991)
34 genótipos		80,0	Backiyarani e Nadarajan (1996)
Dialelo (4 genótipos)		97,0	Mathur (1995)
Populações F_2 provenientes de 2 cruzamentos		70,0-75,0	Rangaiah e Nehru (1998)
F_2 e F_3 proveniente de 4 cruzamentos		77,0-76,0	Mehta e Zaveri (1999)
F_2 , RC11, RC12, de 3 cruzamentos		53,0-92,0	Suma (2001 citado por KURER, 2007)
População F_2 , 3 cruzamentos		61,0-73,0	Hadapad (2001)
Avaliação de 28 linhagens + 2 Test	81,7	34,2	Lopes et al. (2001)
Avaliação 3 genitores + 68 progênies F_4	78,0-80,0	66,0-75,0	Barros et al. (2011)
348 progênies provenientes de F_2 e F_3 + 3 testemunhas	49,8	63,8	Matos Filho et al. (2009)
Avaliação de 20 genótipos		19,0-85,0	Passos et al. (2011)

“Tabela 1, conclusão”

Método utilizado	PCG (%)	PROD (%)	Fonte
Avaliação de 33 genótipos do BAG (PI)		68,9	Machado et al. (2008)
8 melhores linhagens	42,2	53,8	Idahosa, Alike e Omoregie (2010)
Avaliação de 10 genótipos	86,8	90,9	Manggoel et al. (2012)

PCG: Peso de cem grãos, PROD: Produtividade de grãos, %: Porcentagem

Considerando inúmeros trabalhos realizados com feijão-caupi (ARYEETAY; LAING, 1973; BARRIGA; OLIVEIRA, 1982; FREIRE FILHO, 1988; LOPES et al., 2001; ROCHA et al., 2003; SINGH; MEHNDIRATTA, 1969), foram obtidas estimativas de herdabilidade que variaram de 63,0% a 96,3% para o peso de 100 sementes e 2% a 91,7%, com valor médio de 43,1% para a produção de grãos.

2.5 Métodos de melhoramento

O caupi é uma espécie autógama e o seu comportamento assemelha-se a outras culturas onde predomina a autopolinização, podendo ocorrer taxa de cruzamento natural de 1 a 5%, a qual varia com a cultivar, condições ambientais e mais particularmente, com a população de abelhas (BLACKHURST; MILLER, 1980; SÉNE; N'DIAYE, 1971 citados por ARAÚJO; WATT, 1988).

Os métodos empregados na cultura do caupi são os normalmente utilizados em espécies autógamas. Dentre os vários métodos de melhoramento existem os que exploram a variabilidade natural existente e os que utilizam a variabilidade gerada pelo cruzamento entre duas ou mais linhagens diferentes.

2.5.1 Descrição de alguns métodos de melhoramento utilizados no feijão-caupi

A introdução é o método mais simples e rápido no melhoramento de plantas. Após a introdução, as cultivares exógenas são avaliadas quanto ao seu potencial agrônomo, seguido de seleção e, se alguma apresentar superioridade em relação às cultivares existentes, é posteriormente multiplicada e liberada aos agricultores. As cultivares de feijão-caupi, *Iron* (produtividade de grãos de 2.183 kg/ha) e a *Early* (com produtividades de 1902 kg/ha) entre outras originárias dos Estados Unidos, constituem um exemplo de introdução e avaliação de linhagens/cultivares e posterior recomendação e adoção pelos produtores (LOBBE, 1925 citado por ARAÚJO; WATT, 1988).

A seleção massal consiste na seleção fenotípica de indivíduos superiores a partir da geração F_2 e continua, nas sucessivas gerações. Este método é relativamente pouco usado. A habilidade do melhorista em, visualmente, identificar os indivíduos genotipicamente superiores é importante neste método. Assim é fácil entender que ele só será eficiente para caracteres de alta herdabilidade, onde há uma boa correspondência entre o fenótipo e o genótipo, ou seja, quando é pequena a influência do ambiente na manifestação do caráter (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012).

Já no método do *bulk* ou da população, a partir da geração F_2 as plantas são colhidas em *bulk*. As plantas colhidas nessa geração vão formar a geração F_3 . Novamente, as plantas dessa geração são colhidas *bulk* para formar a geração F_4 . Este processo é repetido normalmente até que a maioria dos locos esteja em homozigose (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). Em seguida plantas individuais são selecionadas dando origem às progênies que devem ser avaliadas em ensaios com repetições, até que se identifiquem as melhores linhas puras. Na prática, nas gerações iniciais, os melhoristas fazem seleção para caracteres de

alta herdabilidade, como porte, arquitetura da planta e ciclo vegetativo (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2001).

Outro método que tem sido utilizado é o método *bulk* dentro de progênies F_2/F_3 . Ele foi proposto por Frey (1954). O método consiste na colheita de plantas individuais em gerações F_2 ou F_3 , onde cada semente origina uma progênie, sendo as sementes de cada planta misturadas para formar a geração seguinte. Este método tem a vantagem de associar o método *bulk* e o genealógico, dando maior representatividade da amostra, em relação ao método *bulk* e menor trabalho com anotações de genealogia, em relação ao método genealógico.

No método *bulk* dentro das progênies, as progênies são obtidas em gerações precoces, ao contrário do *bulk* em que as progênies são obtidas apenas nas gerações F_5 ou F_6 . Normalmente têm-se progênies $F_{2:3}$ ou $F_{3:4}$. Estas progênies são avançadas por mais algumas gerações podendo-se fazer avaliações em ensaios com repetições. Este método beneficia-se da avaliação experimental e não visual, além disso, as avaliações são realizadas por vários ciclos e assim a avaliação e seleção de uma progênie são feitas com base no desempenho médio durante os ciclos de avaliação, resultando em informações mais confiáveis pela atenuação da interação genótipos x ambiente (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012).

O método genealógico ou pedigree consiste na seleção a partir da geração F_2 . As melhores plantas F_2 são colhidas individualmente gerando as progênies $F_{2:3}$. As progênies $F_{2:3}$ são semeadas em fileiras, fazendo-se a seleção entre e dentro das famílias/progênies. Este processo se repete até a geração $F_{4:5}$ ou $F_{5:6}$ ou seja, quando a variação dentro das progênies torna-se pequena (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). As progênies então superiores são avaliadas, com testemunhas comerciais, em ensaios de competição regionais e posteriormente nacionais. Após a identificação das linhagens superiores,

poderão formar uma nova cultivar que posteriormente será liberada aos produtores (VELLO, 1992). Uma limitação deste método é a eficiência da seleção visual para caracteres de baixa herdabilidade, como produção de grãos, o que torna o método pouco eficaz (CUTRIM; RAMALHO; CARVALHO, 1997). Principalmente porque diferenças em caracteres como produção de grãos se tornam difíceis de serem detectados (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012).

Tem sido utilizado também o método da descendência da semente única, que apresenta vantagem de permitir um avanço rápido das gerações. Sendo assim este método pode ser aplicado em qualquer época do ano e/ou ambiente (FEHR, 1987). Uma das vantagens deste método é a redução do espaço necessário para o avanço das gerações até se atingir a homozigose.

2.6 Seleção precoce

A seleção precoce refere-se à seleção de indivíduos ou progênies nas primeiras gerações segregantes. Normalmente ela é realizada para alguns caracteres, principalmente os de herdabilidade alta. Com base na seleção os indivíduos/progênies inferiores são descartados e, podem ser alocados mais recursos e esforço naqueles caracteres cuja seleção só pode ser realizada em gerações avançadas.

A maior restrição à seleção precoce é que normalmente ela é realizada visualmente e a eficiência dessa seleção visual é questionável. Na cultura de feijão-caupi (PADI; EHLERS, 2008), feijão (RANALLI et al., 1996; ROSAL et al., 2000; SANTOS, 2001), e cevada (FREY, 1954), os dados disponíveis apontam que para a produtividade de grãos a eficiência é muito baixa.

Alguns trabalhos já foram realizados em inúmeras espécies autógamas visando à avaliação da eficiência da seleção precoce. Para a cultura do feijoeiro

(*Phaseolus vulgaris* L.), Ranalli et al. (1996) avaliaram a eficiência da seleção precoce em plantas F_3 e o desempenho das progênies $F_{3.5}$ delas derivadas. Os autores verificaram que as correlações entre essas gerações foram de pequena magnitude (0,20 e 0,25) e as estimativas simuladas de resposta à seleção foram pequenas nas diferentes intensidades de seleção efetuadas. Os autores concluíram que a seleção precoce só seria eficiente para caracteres de média a alta herdabilidade.

Rosal et al. (2000) cruzaram as cultivares Carioca e FT-Tarumã do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e obtiveram progênies F_1 , RC_1 e RC_2 . Foi avaliado o desempenho produtivo das progênies $F_{2.3}$ e suas gerações avançadas $F_{2.4}$, $F_{2.5}$ e $F_{2.6}$. Com base nos resultados de componentes de variância fenotípica e genética, herdabilidade e nas correlações entre as progênies entre as gerações sucessivas e os ganhos com a seleção, os autores concluíram que a seleção em gerações precoces seria eficiente apenas para eliminar progênies menos produtivas e que a seleção precoce é fortemente afetada pela interação genótipos x ambientes.

Um estudo com caupi foi realizado por Ntare e Aken'Ova (1985), esses autores obtiveram 18 *bulks*, e com base em caracteres de alta herdabilidade selecionaram as 540 melhores progênies $F_{2.3}$. Estas foram avaliadas em 4 ambientes e as melhores progênies $F_{2.4}$ foram selecionadas com base no desempenho médio dos 4 ambientes. De cada progênie $F_{2.4}$ foram tomadas plantas individuais formando assim progênies $F_{5.6}$. estas foram multiplicadas formando assim progênies $F_{5.7}$, que foram avaliadas em 3 ambientes. Os autores encontraram alta correlação (0,64) entre as progênies $F_{2.3}$ selecionadas e as progênies $F_{5.7}$ delas derivadas e concluíram que para o caupi a seleção para a adaptabilidade em gerações precoces seria possível.

Visando estudar alguns caracteres associados ao rendimento do grão em feijão-caupi, Padi e Ehlers (2008) compararam a eficiência de método de seleção

utilizando *bulk* em relação ao SSD. Para o efeito eles determinaram a herdabilidade para alguns caracteres e avaliaram o desempenho de linhagens F_4 desenvolvidas pelos dois métodos SSD e *bulk* usando as progênies selecionadas pelo método de seleção precoce e não selecionadas. Os testes foram realizados em 2 locais, avançando as gerações F_2 , $F_{2:3}$ e F_3 , $F_{3:4}$. Os autores concluíram que a interação genótipo x ambiente reduziu a eficiência da seleção precoce no rendimento do grão no método *bulk* quando comparado com o SSD. No entanto, para o tamanho de semente e outros caracteres de alta herdabilidade seria possível realizar a seleção precoce.

A eficiência da seleção precoce foi bem discutida por Bernardo (1991). Segundo ele a eficiência da seleção precoce é função da correlação entre o fenótipo do indivíduo/progênie (F_i) na geração i e do genótipo (G_j) do referido indivíduo/progênie na geração j (r_{FiGj}). Essa correlação (r_{FiGj}) é função $r_{FiGj} = r_{GiGj} \cdot \sqrt{h^2}$ ou seja, da correlação genética dos indivíduos/gerações nas duas gerações e da raiz quadrada da herdabilidade. Ele comentou também que a r_{GiGj} é

uma função do coeficiente de endogamia (I), ou seja $r_{GiGj} = \left[\frac{1+I_i}{1+I_j} \right]^{1/2}$. Essa

correlação normalmente é alta. Assim, o resultado da seleção precoce é função primordial da herdabilidade do caráter no momento da seleção.

Dizendo de outro modo, é esperado que a seleção precoce seja eficiente para caracteres que normalmente apresentem alta herdabilidade, um questionamento que é o foco deste trabalho, que ainda é pouco explorado na cultura do caupi, é o que ocorre quando se realiza a seleção precoce para um ou mais caracteres de alta herdabilidade em F_2 ou F_3 , como por exemplo, para a cor dos grãos, resistência a alguns patógenos e peso de grãos, em outros caracteres cuja seleção é realizada em gerações mais avançadas devido a menor herdabilidade.

A questão que se coloca é qual a influência da seleção em caracteres de alta herdabilidade na eficiência do processo seletivo em gerações mais avançadas. Para responder a esta indagação, Santos (2001) efetuou a seleção na geração F_2 para o tipo de grão e verificou qual a repercussão da seleção efetuada na produtividade de grãos em gerações mais avançadas. Para isso uma população segregante envolvendo linhagens com grãos do tipo carioca, isto é, de cor clara e rajas bege e outro de grãos pretos, foi separada na geração F_2 em duas. Na primeira foi efetuada a seleção para tipo de grão dentro do padrão carioca e a segunda a seleção não foi efetuada. Nas gerações F_4 e F_5 foram avaliadas 196 progênies da população cujos grãos foram selecionadas e 196 das populações não selecionada. Constatou-se que o fato de selecionar ou não para o tipo de grãos não alterou o comportamento progênies avaliadas para a produtividade de grãos.

O ganho com a seleção para a produtividade de grãos nas progênies das duas populações foi praticamente o mesmo. Contudo, entre as selecionadas em F_2 , pode-se associar maior produtividade e grãos dentro do padrão comercial. Assim, pode-se inferir que a seleção precoce para o caráter de alta herdabilidade não afetou a variabilidade em gerações futuras do caráter de menor herdabilidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

Os locais envolvidos na condução do trabalho foram: Teresina (PI), localizada à 05°05' de latitude Sul, 42°48' de longitude Oeste, com 72 m de altitude, clima classificado como Tropical Subúmido quente e Lavras (MG), localizada na região Sudeste, latitude 21° 14'S e longitude de 40° 17'W, com uma altitude de 918 m, clima classificado como Subtropical Úmido (Cwa).

3.2 Genitores utilizados

Para obtenção da população segregante foram utilizados os seguintes genitores:

MNC 04-784B-38-2 (G₁)- Com grãos de coloração branca, tamanho e anel do hilo pequeno.

MNC05-832B-234-5 (G₂)- Possui grãos de coloração branca, peso de semente relativamente maior (19g/100 sementes), precoce quando comparada à linhagem anterior.

3.3 Obtenção da população segregante

Em Teresina PI, na Embrapa Meio Norte, foi realizado o cruzamento entre os dois genitores. As plantas F₁ obtidas foram retrocruzadas com a linhagem MNC05-832B-234-5 (G₂). As gerações F₁ e F₂ do RC₁₂ foram também obtidas em Teresina. As sementes F₃RC₁₂ foram enviadas a Universidade Federal de Lavras (Figura 2).

3.4 Condução dos bulks

Em Lavras as sementes F_3RC_{12} foram divididas em duas populações. Em uma das populações procedeu-se a seleção para tamanho de grãos por meio de uma peneira de 7 mm e a outra população foi mantida sem seleção. A partir de então as populações foram conduzidas de forma semelhante. As sementes F_3RC_{12} foram semeadas e colhidas em bulk para obtenção de sementes F_4RC_{12} . A geração F_4RC_{12} foi colhida em bulk e semeada para a obtenção de sementes F_5RC_{12} . Em F_5RC_{12} foram colhidas plantas individuais, tendo sido obtidas 97 progênies $F_{5;6}$ da população selecionada (Ps) e o mesmo número para as não selecionadas (Pn).

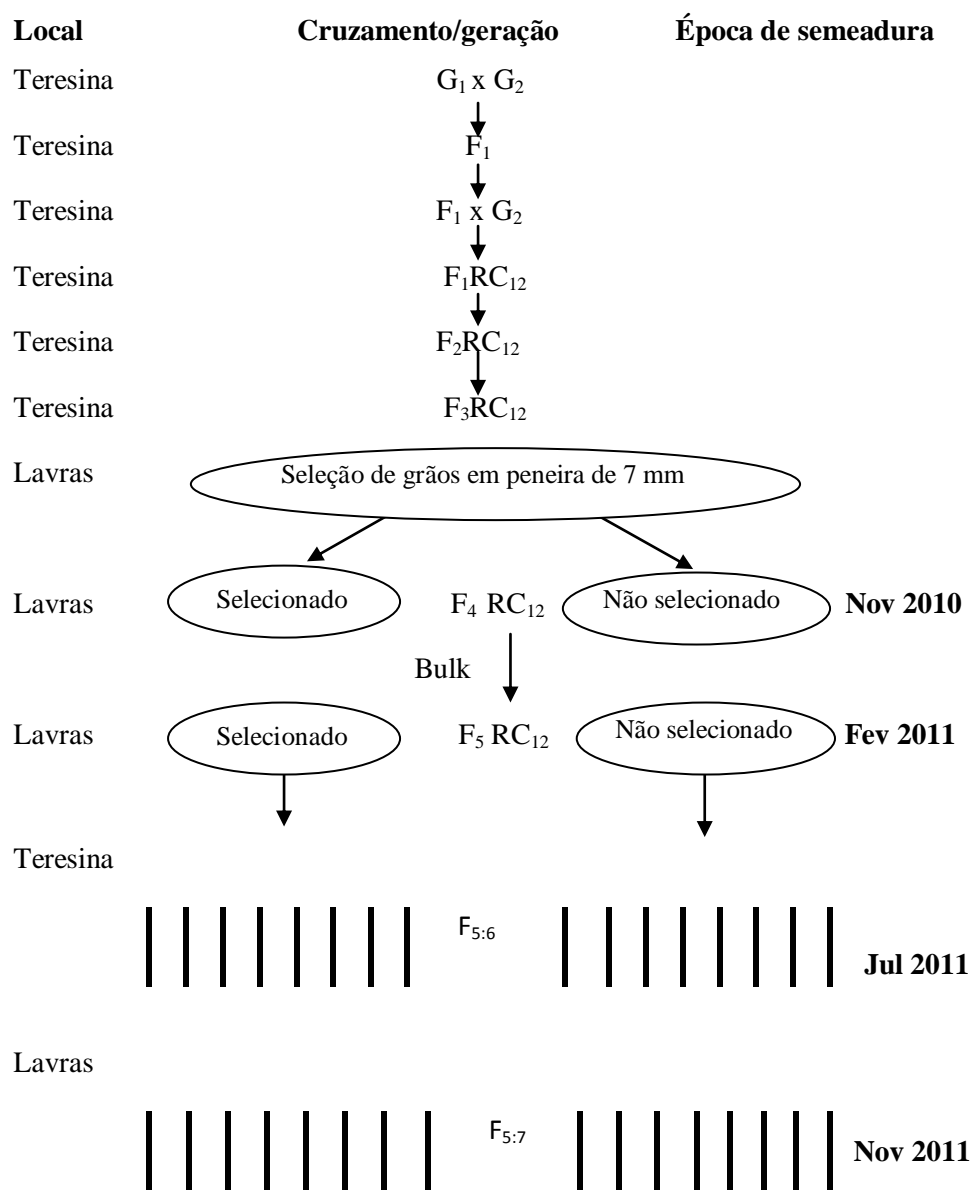


Figura 2 Esquema do trabalho realizado visando a avaliação da eficiência da seleção precoce para o tamanho grãos de feijão-caupi em $F_3 RC_{12}$, na produtividade de grãos em $F_{5:6}$ e $F_{5:7}$

3.5 Avaliação das progênies F_{5:6}

As 194 progênies, juntamente com as duas testemunhas, os genitores, foram avaliados na safra da seca (Julho/Agosto de 2011) em Teresina, utilizado látice simples de 14x14. A parcela era constituída por uma linha de 2 m, espaçadas 50 cm com 15 sementes por metro linear. Não foi realizada nenhuma adubação e o experimento foi conduzido sob irrigação.

3.6 Avaliação das progênies F_{5:7}

As 194 progênies da geração anterior, juntamente com os dois genitores foram novamente avaliadas na safra de das águas em Lavras. A semeadura foi efetuada em Novembro de 2011. O delineamento utilizado também foi um látice triplo 14 x 14. A parcela era constituída por duas linhas de 2 m, espaçadas 50 cm com 15 sementes por metro linear. Na adubação de semeadura, aplicou-se o equivalente a 400 kg/ha, da fórmula 8-28-16. Em cobertura foi empregado 150 kg/ha de sulfato de amônio. Não foi realizado nenhum controle fitossanitário.

3.7 Dados coletados nas gerações F_{5:6} e F_{5:7}

Foram obtidos/avaliados os seguintes caracteres:

- a) Produtividade de grãos. Após a trilha das parcelas foi obtido o peso dos grãos em g/parcela e, posteriormente convertidos em kg/ha.
- b) Peso de 100 grãos. Uma amostra contendo 100 grãos foi pesada.
- c) Separação em peneiras. Os grãos colhidos foram colocadas em peneira de 7, 6 e 5 mm, e estimada a porcentagem em peso retido em cada peneira.

- d) Largura e comprimento do grão e do anel do hilo. Para as progêneses $F_{5,6}$ os dados foram obtidos em todas as parcelas. Para isso, os grãos de uma vagem de cada planta foram medidas a largura e o comprimento do grão e do anel do hilo. Na geração $F_{5,7}$ foi realizado de modo semelhante, exceto que foi considerado apenas 10 % das parcelas.

3.8 Análise dos dados

Todos dados obtidos foram submetidos a análise de variância, inicialmente por local de acordo com o modelo, considerando aleatórias todas as fontes de variação exceto a média:

$$Y_{ijk} = m + p_i + r_j + b_{j(k)} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : é a observação referente ao efeito da progênie i no bloco k , dentro da repetição j ;

m : é média geral (fixo);

p_i : o efeito aleatório da progênie i , onde ($i=1,2,3,\dots,196$), $i \sim NID(0, \sigma^2)$;

r_j : o efeito aleatório da repetição j , onde ($j: 1,2$), no experimento realizado em Teresina na safra da seca na geração $F_{5,6}$ e ($j: 1,2,3$) no experimento de Lavras, na geração $F_{5,7}$;

$b_{j(k)}$: efeito aleatório do bloco k dentro da repetição j , sendo ($k: 1,2,\dots,14$);

$e_{ij(k)}$: efeito do erro experimental associado a observação de Y_{ijk} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Para a todas as variáveis foi efetuada a análise conjunta, considerando as médias ajustadas, envolvendo as gerações F_{5:6} em Teresina e F_{5:7} em Lavras. O seguinte modelo foi considerado, assumindo a média e o efeito dos locais/gerações como sendo fixos:

$$Y_{ijl} = m + p_i + a_l + (pa)_{il} + e_{ijl}$$

Em que:

Y_{ijl} : é a observação referente ao efeito da progênie i , no ambiente (geração ou local) l ;

m : é média geral (fixo);

p_i : o efeito aleatório da progênie i , onde ($i:1,2,3,\dots,196$), $i \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

a_l : o efeito fixo do ambiente (geração ou local) l ($l:1,2$)

$(pa)_{il}$ - efeito da interação entre a progênie i e do ambiente (geração ou local) l

e_{ijl} : efeito do erro experimental associado a observação de Y_{ijl} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2

Para realizar as análises de variância foi utilizado o MSTAT-C (MICHIGAN STATE UNIVERSITY, 1991). O esquema das análises realizadas por geração e na conjunta é apresentado na Tabela 2.

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios das análises individuais e da conjunta, foram obtidas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, que podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 2 Esquema das análises individuais por geração e conjunta envolvendo os locais Teresina e Lavras com as respectivas esperanças dos quadrados médios

ANAVA por Local/Geração				
Fonte de variação	GL (Teresina)	GL (Lavras)	QM	E(QM)
Tratamentos				
(Genitores+Progênes) (T)	T-1	T-1		
Progênes (P)	P-1	P-1	Q ₁	$\sigma_{el}^2 + r \sigma_{pl}^2$
Progênes selecionadas (Ps)	Ps-1	Ps-1	Q ₁₁	$\sigma_{el}^2 + r \sigma_{psl}^2$
Progênes não selecionadas (Pn)	Pn-1	Pn-1	Q ₁₂	$\sigma_{el}^2 + r \sigma_{pnl}^2$
Genitores (G)	G-1	G-1	Q ₂	
Ps vs Pn	c-1	c-1		
Ps vs G	c-1	c-1		
Pn vs G	c-1	c-1		
Erro efetivo (Ef)	EF-1	EF-2	Q ₃	σ_{el}^2
ANAVA na conjunta				
Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)	
Local (L)	l-1			
Tratamento (T)	t-1	Q ₄		
Entre progênes (P)	p-1	Q ₅	$\sigma_e^2 + \bar{r} \sigma_{PL}^2 + \bar{r} a \sigma_P^2$	
Progênes selecionadas (Ps)		Q ₅₁	$\sigma_e^2 + \bar{r} \sigma_{PsL}^2$	
	ps-1		$\bar{r} a \sigma_{Ps}^2$	
Progênes não selecionadas (Pn)		Q ₅₂	$\sigma_e^2 + \bar{r} \sigma_{PnL}^2$	
	pn-1		$\bar{r} a \sigma_{Pn}^2$	
<i>Ps vs Pn</i>	c-1			
Entre Genitores (G)	g-1	Q ₆		
<i>Genitores (G) vs Progênes (P)</i>	c-1			
Entre genitores (G)xLocal (L)	(t-1)*(g-1)	Q ₇		
Tratamento (T)xLocal (L)	(t-1)*(l-1)	Q ₈		
Entre progênes (P)xLocal (L)	(p-1)*(l-1)	Q ₉	$\sigma_e^2 + \bar{r} \sigma_{PL}^2$	
Progênes selecionadas (Ps)xLocal (L)	(ps-1)*(l-1)	Q ₉₁	$\sigma_e^2 + \bar{r} \sigma_{PsL}^2$	

“Tabela 2, conclusão”

ANAVA na conjunta			
Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)
Progênes não selecionadas (Pn)xLocal (L)	(pns-1)*(l-1)	Q ₉₂	$\sigma_e^2 + \bar{r} \sigma_{PnL}^2$
(Ps vs Pn)xLocal (L)	(c-1)*(l-1)		
(G vs P)xLocal L	(c-1)*(l-1)		
Erro médio	Σ GL erros	Q₁₀	σ_e^2

σ_{el}^2 : Variância do erro no local *l*; σ_{pl}^2 : Variância genética entre progênes no local *l*; σ_e^2 : Variância do erro na análise conjunta; σ_p^2 : Variância genética entre progênes na média dos locais; σ_{PL}^2 : Variância da interação progênes x gerações/locais; *r*: número de repetições; \bar{r} : média harmônica do número de repetições-2,4; *a*: número de locais ou gerações; EF: erro efetivo, GL: graus de liberdade, QM: quadrado médio.

Tabela 3 Estimadores para obtenção das estimativas dos componentes de análise de variância genética e fenotípica

	Progênes		
	Totais (Ps+Pn)	Selecionadas (Ps)	Não selecionadas (Pn)
Variância genética entre progênes/ambientes	$\hat{\sigma}_{pl}^2 = (Q_1 - Q_2)/r$	$\hat{\sigma}_{psl}^2 = (Q_{11} - Q_2)/r$	$\hat{\sigma}_{pnl}^2 = (Q_{12} - Q_2)/r$
Variância fenotípica entre médias de progênes/ambientes	$\hat{\sigma}_{F1}^2 = Q_1/r$	$\hat{\sigma}_{Fsl}^2 = Q_{11}/r$	$\hat{\sigma}_{Fnl}^2 = Q_{12}/r$
Herdabilidade entre médias de progênes/ambientes	$h_{1l}^2 = (Q_1 - Q_2)/Q_1$	$h_{sl}^2 = (Q_{11} - Q_2)/Q_{11}$	$h_{nl}^2 = (Q_{12} - Q_2)/Q_{12}$
Variância fenotípica entre médias de progênes na conjunta	$\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2 = Q_5/a\bar{r}$	$\hat{\sigma}_{\bar{F}_s}^2 = Q_{51}/a\bar{r}'$	$\hat{\sigma}_{\bar{F}_n}^2 = Q_{52}/a\bar{r}$

l: ambientes: gerações (F_{5:6} e F_{5:7}) ou locais (Lavras e Teresina); *a*: número de locais; *r*: repetições, \bar{r} - média harmônica do número de repetições-2,4

Para estimar o intervalo de confiança da herdabilidade (h^2), foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas de h^2 , utilizando as seguintes expressões, com $\alpha=0,05$ (KNAPP; STOUP; ROSS, 1985):

$$LI = \left\{ \left[\left(\frac{Q_1}{Q_3} \right) F_{1-\frac{\alpha}{2}; GL_1, GL_3} \right] \right\}$$

$$LS = \left\{ \left[\left(\frac{Q_1}{Q_3} \right) F_{\frac{\alpha}{2}; GL_1, GL_3} \right] \right\}$$

em que: F: valor tabelado a $1-\alpha/2$ e $\alpha/2$;

Q_1 e Q_3 : quadrado médio entre progênies e quadrado médio do erro de cada ambiente.

GL_1 e GL_3 : graus de liberdade associados a Q_1 e Q_3 , respectivamente.

Os intervalos de confiança associados às estimativas dos componentes de variância foram estimados a partir da expressão (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012):

$$IC(\hat{\sigma}_{pi}^2): P \left[\frac{v\hat{\sigma}_{pi}^2}{X_{(v; 1-\frac{\alpha}{2})}^2} < \sigma_i^2 < \frac{v\hat{\sigma}_{pi}^2}{X_{(v; \frac{\alpha}{2})}^2} \right] = 1 - \alpha$$

em que:

$X_{(v; 1-\frac{\alpha}{2})}^2$; $X_{(v; \frac{\alpha}{2})}^2$: quantis da distribuição de qui-quadrado X^2 para v graus de liberdade.

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

v : graus de liberdade associados ao componente $\hat{\sigma}_{pi}^2$

A variância genética entre progênies na análise conjunta foi obtida por meio de estimativas de covariância entre média das progênies nos dois ambientes, ou seja:

$$COV_{gg} = \hat{\sigma}_p^2$$

As estimativas foram obtidas considerando as progênies selecionadas (Ps), as não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn) (Tabela1).

A herdabilidade na análise conjunta, para a seleção na média das progênies, foi estimada pelo estimador:

$$h^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 / (Q_5 / a \bar{r})$$

onde:

Q₅: Quadrado médio das progênies na análise conjunta (Tabela 1)

a: número de locais/gerações

\bar{r} : média harmônica do número de repetições (2 repetições em Teresina e 3 em Lavras). O valor da média harmônica calculado foi de 2,4.

A variância para a interação progênies x ambientes (locais ou gerações) foi estimada usando a seguinte expressão:

$$\hat{\sigma}_{PL}^2 = \frac{Q_9 - Q_{10}}{r}$$

Em que:

Q₉: quadrado médio da interação progênies x locais na análise conjunta;

Q₁₀: quadrado médio do erro na análise conjunta (Tabela 1)

\bar{r} : média harmônica do número de repetições-2,4.

Procedeu-se também a partição da interação $\hat{\sigma}_{PL}^2$, usando a expressão apresentada por Vencovsky (1987):

$$\hat{\sigma}_{PL}^2 = 1/2 \left(\hat{\sigma}_{PI}^2 - \hat{\sigma}_{PI'}^2 \right)^2 + \hat{\sigma}_{PI}^2 \hat{\sigma}_{PI'}^2 (1 - r_G)$$

Em que:

σ_{Pl}^2 e $\sigma_{Pl'}^2$: desvio genético entre as progênies, obtidas de acordo com a Tabela 2, onde l pode ser a geração F_{5,6} ou Teresina e l' a geração F_{5,7} ou Lavras;

r_p : Representa a correlação genética entre médias das progênies nas gerações F_{5,6} e F_{5,7} e para os locais Lavras e Teresina. Ela pode ser obtida pela seguinte equação:

$$r_{Pl} = \frac{COV_{gg'}}{\sigma_{Pl} \cdot \sigma_{Pl'}}$$

Em que:

$COV_{gg'}$: é a covariância genética entre médias das gerações F_{5,6} e F_{5,7} ou a covariância entre médias na produção entre Lavras e Teresina.

Para os caracteres peso de 100 grãos e produtividade de grãos, foi estimado por local, o ganho esperado com a seleção (GS), para cada grupo de progênies, isto é, progênies selecionadas e não selecionadas usando a seguinte expressão:

$$GS = ds \times h^2$$

Em que:

ds : diferencial de seleção, isto é a diferença entre a média das 10 progênies selecionadas ou não selecionadas e a média geral, de cada grupo de progênies;

h^2 : a herdabilidade do caráter.

O ganho esperado com a seleção em porcentagem foi estimado usando a seguinte expressão:

$$GS (\%) = (GS_l / \overline{Pn}) * 100$$

Em que:

\overline{Pn} : corresponde a média geral das progênes não selecionadas;

GS_l : Ganho de seleção no local l, considerando as progênes selecionadas ou não selecionadas.

Foi estimado o erro associado ao ganho com a seleção para a produtividade e peso de 100 grãos, utilizando a expressão apresentada por Bridges, Knapp e Cornelius (1991), em que:

$$S(GS)_l = \sqrt{\frac{2i^2}{r} \left\{ \left(\frac{Q_{1l}^2}{v_1} \right) \left[\left(1 + \frac{Q_{3l}^2}{Q_{1l}} \right) / 4 \right] + \frac{Q_{3l}^2}{v_3} \right\} / Q_{1l}}$$

S(GS)_l: erro associado ao ganho esperado com a seleção no experimento realizado no local l

i: diferencial de seleção padronizado, considerando 10% das linhagens sendo selecionadas

r: número de repetições

Q_{1l}: quadrado médio das progênes avaliadas no local l

v₁: graus de liberdade das progênes

Q_{3l}: quadrado médio do erro no local l

V₃: graus de liberdade associado ao erro

Estimou-se a acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}), para todos os caracteres avaliados, pela seguinte expressão (RESENDE, 2007):

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

em que:

F: valor do teste F de Snedecor para o efeito de progênie associado à ANAVA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

Os resumos das análises de variância, por local, mostraram que as estimativas da acurácia variaram entre os caracteres avaliados. Contudo, as estimativas podem ser consideradas, na sua maioria, de grande magnitude, indicando que os caracteres foram avaliados com boa precisão em ambos os locais (Apêndices 1A, 2A, 3A e 4A).

A boa precisão experimental contribuiu para que fosse detectada diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos nos dois locais, exceto para a largura do hilo em Teresina (Apêndices 1A, 2A, 3A e 4A). Chama atenção a significância do contraste entre a média das progênies selecionadas *versus* não selecionadas para produtividade de grãos, largura e comprimento de grão, largura e comprimento do hilo em ambos os locais que foi não significativa. Já para a porcentagem de grãos nas peneiras de diferentes tamanhos foi detectada diferença significativa em ambos os locais, exceto para peneira de 6 mm em Lavras. O resultado da significância desse contraste é fundamental para o que foi proposto neste trabalho.

A análise conjunta, dos dois locais/gerações, mostrou para os caracteres envolvendo o tamanho dos grãos, isto é, peso de 100 grãos e a porcentagem de grãos retidos nas peneiras de diferentes tamanhos ocorreu diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os locais (Tabela 4). O peso médio dos grãos (peso de 100 grãos) em Teresina foi 18 % superior ao de Lavras (Tabela 5). Quando se considerou a porcentagem de grãos nas peneiras em ambos locais, a maior porcentagem foi de sementes retidas na peneira de 6 mm. Contudo, em Teresina a porcentagem de grãos retidos nas peneiras de 7 mm foi bem superior ao observado em Lavras. Para a porcentagem de grãos retidos nas peneiras de 5 mm

ocorreu o contrário (Tabela 6). Esses resultados são coerentes com os anteriormente apresentados para o peso dos grãos.

Foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre as progênies, o mesmo ocorrendo com a interação progênies x locais. O maior interesse no momento é, no entanto, verificar se houve resposta no desempenho das progênies selecionadas em F_3 nas gerações avançadas, ou seja $F_{5:6}$ e $F_{5:7}$. Essa resposta pode ser observada por meio do contraste progênies selecionada versus não selecionadas. Elas foram significativas para os quatro caracteres. Já a interação (P_s vs P_n) x locais foi não significativa para o peso de 100 grãos e significativa para a porcentagem de grãos retidos nas peneiras de diferentes tamanhos (Tabela 4).

Tabela 4 Resumo da análise de variância conjunta para os caracteres peso de 100 grãos (g), porcentagens de semente retidas nas peneiras de 7, 6 e 5 mm, dados obtidos na avaliação de progênies de caupi geração F_{5,6} conduzidas em Teresina e F_{5,7} em lavras

Fonte de variação	GL	Peso de 100 grãos	Quadrado médio		
			% de grãos retidos nas peneiras		
			7 mm	6 mm	5 mm
Local (L)	1	3182,91**	111435,58**	1134,04**	90087,44**
Tratamento (T)	195	18,40**	980,93**	384,36**	236,73**
Entre progênies (P)	193	18,58**	990,60**	387,66**	238,10**
Progênies selecionadas (Ps)	96	17,80**	1048,76**	428,32**	220,13**
Progênies não selecionadas (Pn)	96	19,38**	849,86**	326,39**	236,54**
Ps vs Pn	1	15,47**	8919,12**	2365,44**	2112,22**
Entre Genitores (G)	1	1,78 ns	18,41 ns	112,61 ns	38,21 ns
Genitores (G) vs Progênies (P)	1	0,47 ns	76,56 ns	19,92 ns	171,79*
Entre Genitores (G)xLocal (L)	1	2,08 ns	310,26*	345,60*	2,60 ns
Tratamento (T)xLocal (L)	195	7,63*	321,11*	277,87**	102,11**
Entre progênies (P)xLocal (L)	193	7,70*	322,66*	278,16**	102,91**
(Ps)xLocal (L)	96	9,52*	320,38*	286,99**	111,53**
(Pn)xLocal (L)	96	5,88*	321,48*	257,96**	93,95**
(Ps vs Pn)xLocal (L)	1	7,68 ns	655,20**	1369,68**	134,57*
(G vs P)xLocal L	1	0,02 ns	33,36 ns	155,04 ns	46,97 ns
Erro médio	520	4,96	75,70	68,24	30,25
Teste F (tratamentos)		3,71	12,96	5,63	7,83
Acurácia		85,47	96,06	90,69	93,40

ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, GL: graus de liberdade

Quando se considera o peso médio dos grãos nas progênies selecionadas e não selecionadas, embora a diferença tenha sido significativa, o peso médio dos grãos nas progênies selecionadas foi de pequena magnitude (Tabela 4). A tendência observada na média dos locais foi a mesma nos dois locais, por isso a interação do contraste (Ps vs Pn) x locais foi não significativa. Com relação à porcentagem de grãos retidos nas peneiras, novamente os resultados foram

coerentes com os relatados para o peso dos grãos (Peso de 100 grãos). Veja na Tabela 6, que na média dos locais a porcentagem de sementes retidas na peneira de 7 mm foi 21,50% superior à média das progênies selecionadas (35,02) por tamanho em F_3 em relação as não selecionadas (28,83). Já na peneira de 6 mm e 5 mm ocorreu o contrário, a maior porcentagem foi observada na média das progênies não selecionadas em F_3 para tamanho do grãos. Para esses caracteres, embora a interação (Ps vs Pn) x locais, tenha sido significativa, os resultados foram bem coincidentes nos dois locais e muito semelhantes ao relatado anteriormente, na média dos locais.

Tabela 5 Estimativas do peso médio de 100 grãos (g) obtidas na avaliação de progênies $F_{5:6}$ em Teresina (PI) e $F_{5:7}$ em Lavras e na média dos dois ambientes

	Teresina (ou $F_{5:6}$)	Lavras (ou $F_{5:7}$)	Lavras+ Teresina
Média geral	24,18	20,50	22,34
Média das progênies selecionadas	24,21	20,72	22,46
Média das progênies não selecionadas	24,14	20,28	22,21
Média dos Genitores	24,44	20,68	22,56

Tabela 6 Estimativas de porcentagens médias de grãos, separadas nas peneiras de 7 mm, 6 mm e 5 mm, obtidas na avaliação de progênes F_{5,6} em Teresina (PI) e F_{5,7} em Lavras e na média dos dois ambientes

Local geração	Malha da peneira	Porcentagem de grãos retidos			
		Média geral	Progênes selecionadas	Progênes não selecionadas	Média dos genitores
Teresina (F _{5,6})	7 mm	42,84	46,70	38,90	46,70
	6 mm	48,82	46,01	51,68	46,33
	5 mm	8,34	7,29	9,41	6,98
Lavras (F _{5,7})	7 mm	21,07	23,35	18,77	22,07
	6 mm	51,01	50,57	51,35	56,43
	5 mm	27,91	26,08	29,88	21,50
Conjunt a: F _{5,6} , F _{5,7}	7 mm	31,95	35,02	28,83	34,77
	6 mm	49,92	48,31	50,96	51,35
	5 mm	18,13	16,67	19,68	13,92

Na análise de variância realizada para a porcentagem de grãos em peneiras de diferentes tamanhos (Tabela 4), foram observadas diferenças significativas na interação progênes x locais ($P \leq 0,05$). No desdobramento dessa fonte de variação foram observadas diferenças significativas na interação progênes selecionadas *versus* locais e progênes não selecionadas *versus* locais, evidenciando que o comportamento das progênes não foi coincidente nos dois locais.

As estimativas de variância genética para o peso de 100 grãos foram bastante semelhantes entre os locais (Tabela 7). As estimativas da herdabilidade mesmo com a seleção realizada na geração F₃, indicam que a variação genética não foi exaurida. As estimativas das correlações genéticas entre os dois locais variaram entre as progênes selecionadas e não selecionadas.

Quando se considerou as progênes selecionadas, o componente de interação progênes x locais foi expressivo, e as estimativas da correlação entre os dois locais possibilita inferir que a interação é predominantemente complexa. Já no caso das progênes não selecionadas, o componente da interação ($\hat{\sigma}_{PL}^2$) em relação a variância genética ($\hat{\sigma}_P^2$) foi de pequena magnitude. Nessa condição a

estimativa da correlação foi de 1,0 indicando que a interação progênes x locais, ao contrario do caso anterior, foi predominantemente simples (Tabela 7).

Tabela 7 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_P) entre médias de progênes nos dois locais para o peso de 100 grãos, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F_{5,6} em Teresina (PI), F_{5,7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Peso de 100 grãos		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5,6}	$\hat{\sigma}^2_P$	4,76 (3,07; 8,92) ^{1/}	3,87 (2,33; 8,29) ^{1/}	4,28 (2,91; 7,00) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	8,72	7,82	8,23
	h^2	54,65 (34,69; 67,95) ^{1/}	49,48 (27,24; 64,30) ^{1/}	51,97 (35,71; 64,22) ^{1/}
Lavras F _{5,7}	$\hat{\sigma}^2_P$	2,00 (1,43 ; 3,08) ^{1/}	2,03 (1,44; 3,10) ^{1/}	2,05 (1,60; 2,75) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	2,67	2,70	2,72
	h^2	74,77 (64,71; 81,42) ^{1/}	75,06 (65,11; 81,63) ^{1/}	75,23 (68,09; 80,60) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	1,72	2,81	2,27
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	3,71	4,04	3,87
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	1,65	0,14	0,90
	Simplex (%)	18,18	100	22,22
	Complexa (%)	81,82	0,00	77,78
	$\hat{\sigma}^2_{PL}/\hat{\sigma}^2_P$ (%)	96,00	5,00	40,00
	r_P	0,56	1,00	0,77
	h^2	46,51 (20,00; 64,23) ^{1/}	69,66 (54,63; 79,71) ^{1/}	58,54 (44,98; 68,76) ^{1/}

^{1/}: Limites inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Tabela 8 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênies, herdabilidade (h^2), componente da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênies nos dois locais (r_P) para a porcentagem de grãos retidos na peneira de 7 mm, considerando as progênies selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais.

Local/ geração	Componentes de variância	Porcentagem de grãos retidos na peneira de 7 mm		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	395,65 (295,07; 564,49) ^{1/}	348,28 (260,33; 504,93) ^{1/}	385,32 (311,01; 492,06) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	447,88	400,52	437,56
	h^2	88,34 (83,20; 91,76) ^{1/}	86,96 (81,22; 90,79) ^{1/}	88,06 (84,02; 91,11) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_P$ (LI-LS)	106,95 (79,91; 154,27) ^{1/}	71,90 (52,45; 105,44) ^{1/}	93,99 (75,50; 120,83) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	122,59	87,54	109,64
	h^2	87,24 (82,15; 90,60) ^{1/}	82,13 (75,00; 86,84) ^{1/}	85,73 (81,62; 88,83) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	151,74	110,08	139,15
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	218,49	177,05	206,38
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	99,55	100,01	100,50
	Simplex (%)	45,81	51,85	49,10
	Complexa (%)	54,19	48,15	50,90
	$\hat{\sigma}^2_{PL}/\hat{\sigma}^2_P$ (%)	65,60	90,90	72,20
	r_P	0,74	0,69	0,73
h^2	69,45 (54,31; 79,57) ^{1/}	62,17 (43,43; 74,71) ^{1/}	67,43 (56,77; 75,46) ^{1/}	

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Tabela 9 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_P) entre médias de progênes nos dois locais para a porcentagem de grãos retidas na peneira de 6 mm, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes $F_{5:6}$ em Teresina (PI), $F_{5:7}$ em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Porcentagem de grãos separada na peneira de 6 mm		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina $F_{5:6}$	$\hat{\sigma}^2_P$	219,49 (160,65; 328,58) ^{1/}	164,89 (117,16; 250,85) ^{1/}	198,85 (156,72; 262,80) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	270,75	216,15	250,11
	h^2	81,07 (72,73; 86,62) ^{1/}	76,29 (65,84; 83,24) ^{1/}	79,50 (72,57; 84,73) ^{1/}
Lavras $F_{5:7}$	$\hat{\sigma}^2_P$	15,98 (10,40; 28,61) ^{1/}	16,00 (10,44; 28,71) ^{1/}	16,00 (11,61; 23,89) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	27,30	27,33	27,32
	h^2	58,53 (41,99; 69,46) ^{1/}	58,57 (42,05; 69,49) ^{1/}	58,56 (46,60; 67,54) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	29,44	14,26	22,81
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	89,23	68,00	80,76
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	88,29	76,19	84,61
	Simplex (%)	66,28	51,29	60,30
	Complexa (%)	33,72	48,71	39,70
	$\hat{\sigma}^2_{PL} \hat{\sigma}^2_P$ (%)	300,00	534,00	371,00
	r_P	0,49	0,28	0,40
	h^2	33,00 (-0,20; 55,20) ^{1/}	20,97 (-18,19; 47,15) ^{1/}	28,25 (4,78; 45,93) ^{1/}

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Tabela 10 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênies, herdabilidade (h^2), componente da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênies nos dois locais (r_P) para a porcentagem de grãos retidos na peneira de 5 mm, considerando as progênies selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Porcentagem de grãos separada na peneira de 5 mm		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	26,34 (18,27; 42,13) ^{1/}	47,29 (34,61; 70,78) ^{1/}	37,84 (29,57; 50,41) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_F$	37,39	58,35	48,89
	h^2	70,44 (57,43; 79,11) ^{1/}	81,06 (72,72; 86,61) ^{1/}	77,39 (69,74; 83,16) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_P$	88,00 (65,85; 127,13) ^{1/}	66,56 (48,76; 96,47) ^{1/}	80,39 (64,60; 103,04) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_F$	100,80	79,36	93,19
	h^2	87,30 (82,24; 90,65) ^{1/}	83,87 (77,44; 88,12) ^{1/}	86,26 (82,30; 89,24) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	22,62	29,71	28,17
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	45,86	49,28	49,60
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	34,55	27,22	30,95
	Simplex (%)	25,14	3,01	12,80
	Complexa (%)	73,86	96,99	87,20
	$\hat{\sigma}^2_{PL}\hat{\sigma}^2_P$ (%)	152,70	91,60,	109,90
	r_P	0,47	0,53	0,51
h^2	49,33 (24,23; 66,12) ^{1/}	60,28 (40,60; 73,44) ^{1/}	56,78 (42,64; 67,43) ^{1/}	

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

A existência de variabilidade no peso médio de 100 grãos pode ser comprovada nas distribuições de frequências apresentadas na Figura 3. Chama atenção a variabilidade observada em Teresina com uma amplitude de variação superior à observada em Lavras. Pode ainda ser observado nos gráficos que o

comportamento das progênies selecionadas e não selecionadas foi semelhante nos dois casos como foi comentado anteriormente.

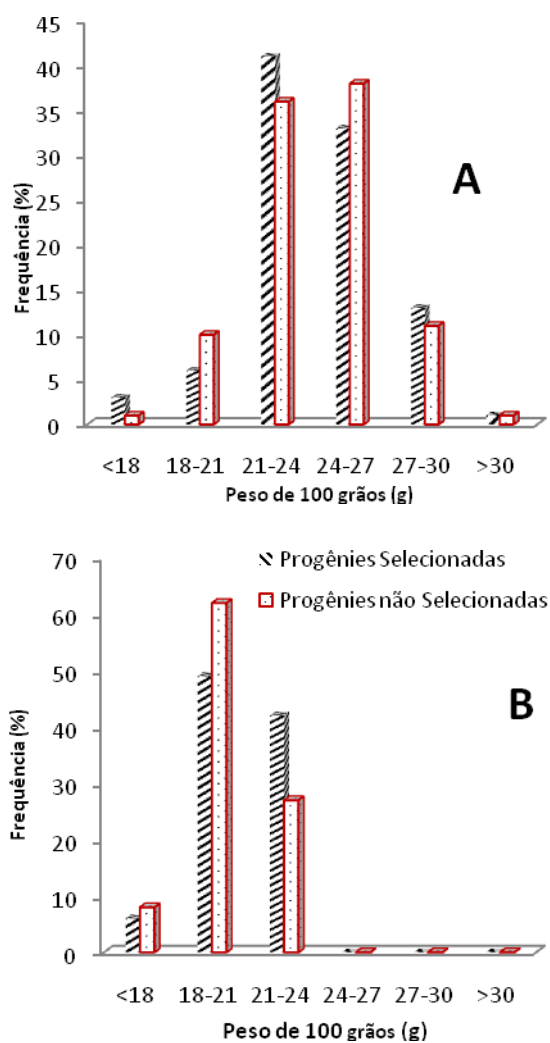


Figura 3 Distribuição de frequência do peso médio de 100 grãos (g) das progênies selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F₃, e avaliadas na geração F_{5:6} em Teresina PI (A) e em F_{5:7} em Lavras MG (B)

Estimou-se o ganho esperado com a seleção das progênes com maior tamanho dos grãos, considerando as avaliações realizadas em F_{5:6} e F_{5:7}. O ganho porcentual foi superior a 9,5 % considerando as progênes selecionadas (Ps) e não selecionadas (Pn) para o peso de grãos em F₃ (Tabela 11).

Tabela 11 Estimativas de ganhos esperados com a seleção (Gs) para o peso de 100 grãos, obtidas na avaliação de progênes F_{5:6} em Teresina, PI e F_{5:7} em Lavras, MG

Local/ geração		Progênes selecionadas	% Gs	Progênes não selecionadas	% Gs
Teresina (F _{5:6})	Media geral	24,21		24,14	
	Média 10%	28,87		29,03	
	Gs	2,55 ($\pm 0,588$)	10,6	2,42 ($\pm 0,585$)	10,0
Lavras (F _{5:7})	Media geral	20,72		20,28	
	Média 10%	23,29		23,03	
	Gs	1,92 ($\pm 0,259$)	9,5	2,06 ($\pm 0,260$)	10,2

%; Porcentagem; ^{/1}: Erro associado a estimativa do ganho de seleção

Com relação à porcentagem de grãos retidos nas peneiras de diferentes tamanhos, novamente os resultados das estimativas de variância genética entre os locais e entre as progênes selecionadas e não selecionadas, foram semelhantes com os relatados para o peso de 100 grãos (Tabelas 8, 9 e 10). Contudo, chama atenção a estimativa da herdabilidade para a seleção entre médias de progênes dos dois locais na análise conjunta que foram de menor magnitude do que aquelas estimadas em cada local. Isso ocorre devido ao efeito da interação que foi expressivo para os três tamanhos de peneira. A magnitude das estimativas de correlação genética observada mostra que a interação foi predominantemente complexa.

As distribuições de frequência para as porcentagens de grãos retidos nos diferentes tamanhos de peneira mostram a existência de variabilidade tanto entre as progênes oriundas das seleções para tamanho de grãos em F₃, como também naquelas não selecionadas. A distribuição realça que o comportamento das

progênies, no que se refere ao tamanho dos grãos foi bem diferente nos dois locais (Figuras 4, 5 e 6). Esse fato deve ter contribuído para a grande magnitude do componente da interação progênies x locais, como já realçados.

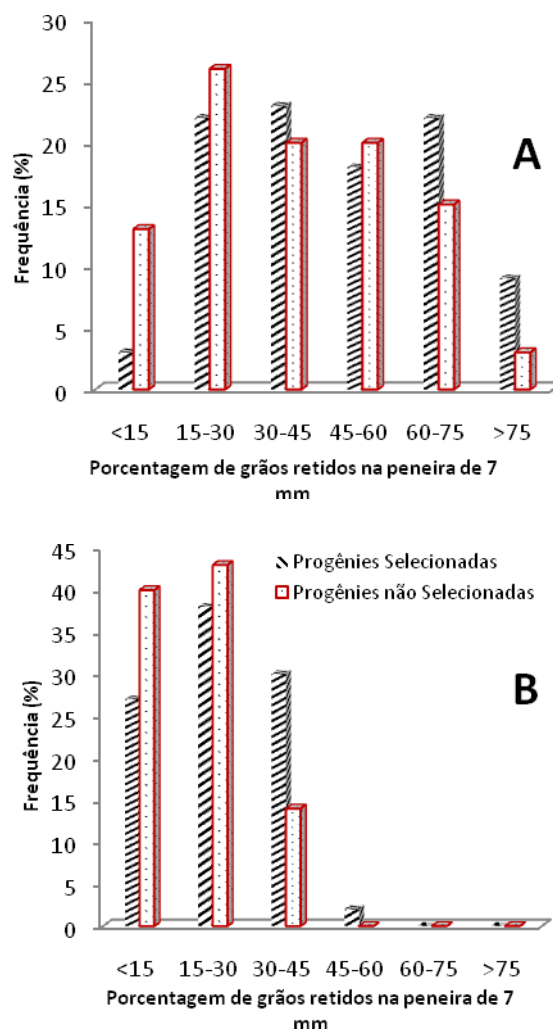


Figura 4 Distribuição de frequência das porcentagens média de grãos retidos na peneira de 7 mm, das progênies selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5,6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5,7}$ em Lavras MG (B)

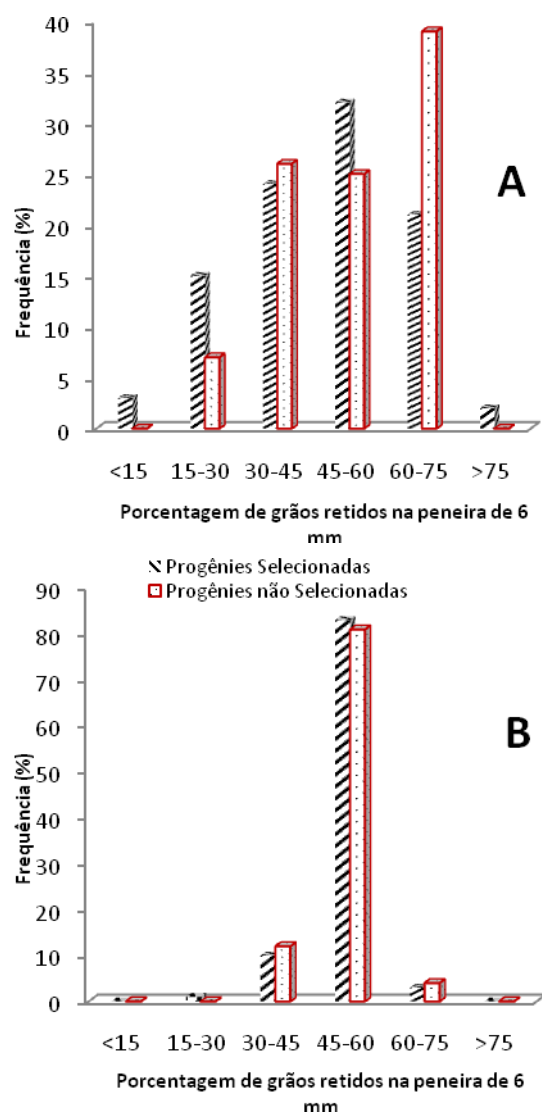


Figura 5 Distribuição de frequência das porcentagens média de grãos retidos na peneira de 6 mm, das progênes seleccionadas e não seleccionadas para tipo de grão em F₃, e avaliadas na geração F_{5:6} em Teresina PI (A) e em F_{5:7} em Lavras MG (B)

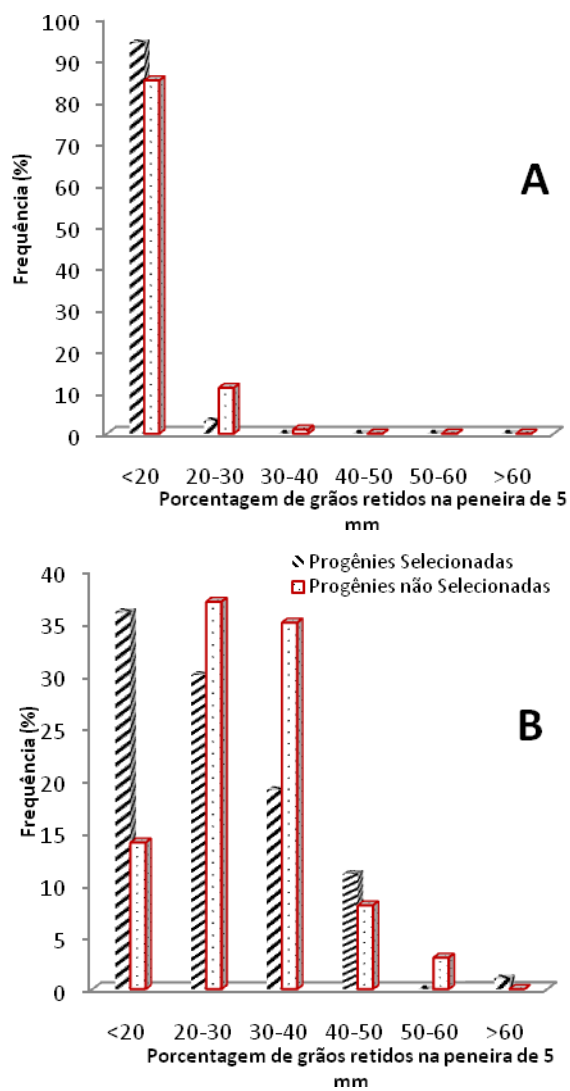


Figura 6 Distribuição de frequência das porcentagens média de grãos retidos na peneira de 5 mm, das progênes seleccionadas e não seleccionadas para tipo de grão em F₃, e avaliadas na geração F_{5:6} em Teresina PI (A) e em F_{5:7} em Lavras MG (B)

Na avaliação de caracteres relacionados ao tamanho de grão, é importante ter conhecimento do tamanho relativo destes. Foi de interesse neste trabalho medir algumas características relativas ao grão, como comprimento e largura. Para o efeito foi tomada uma amostra de 10% das progênies em Teresina e Lavras e efetuadas análises estatísticas. O resumo das análises de variância está apresentado na Tabela 12. Ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os locais. A largura e comprimento médio dos grãos foram respectivamente de 13,8% e 7,3% superior em Teresina em relação a Lavras (Tabela 13). Estes resultados são coerentes aos relatados anteriormente para o peso de grãos.

Observaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre as progênies para os dois caracteres. Contudo, a interação progênies x locais foi significativa apenas para o comprimento do grão. No caso da largura e comprimento do grão os contrastes (P_s vs P_n) não foram significativos. De igual modo, a interação (P_s vs P_n) x locais foi não significativa para os dois caracteres (Tabela 12).

Tabela 12 Análise de variância conjunta para os caracteres largura e comprimento do grão (mm), dados obtidos na avaliação de progênies de caupi, geração $F_{5,6}$ conduzida em Teresina e $F_{5,7}$ em lavras

Fonte de variação	GL	QM	
		Largura do grão (mm)	Comprimento do grão (mm)
Local (L)	1	20,12**	14,00**
Tratamento (T)	21	0,13**	0,59**
Entre progênies (P)	19	0,13**	0,62**
Progênies selecionadas (Ps)	9	0,17**	0,35*
Progênies não selecionadas (Pn)	9	0,08 ns	0,95**
<i>Ps vs Pn</i>	1	0,16 ns	0,13 ns
Entre Genitores (G)	1	0,28*	0,12 ns
<i>Genitores (G) vs Progênies (P)</i>	1	0,00ns	0,45*
Entre Genitores (G)xLocal (L)	1	0,12 ns	0,36 ns
Tratamento (T)xLocal (L)	21	0,05 ns	0,30*
Entre progênies (P)xLocal (L)	19	0,05 ns	0,32*
Progênies selecionadas (Ps)xLocal (L)	9	0,02 ns	0,22*
Progênies não selec. (Pn)xLocal (L)	9	0,07 ns	0,44*
<i>(Ps vs Pn)xLocal (L)</i>	1	0,01 ns	0,12 ns
<i>(G vs P)xLocal L</i>	1	0,00 ns	0,00 ns
Erro médio	63	0,04	0,09
Teste F (tratamentos)		3,09	6,27
Acurácia		82,24	91,67

ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, GL: graus de liberdade

Tabela 13 Estimativas de média do comprimento e largura de grão (mm) obtidas na avaliação de progênies $F_{5:6}$ em Teresina (PI) e $F_{5:7}$ em Lavras e na média dos dois ambientes

Local/geração	Estimativa de grão (mm)	Média geral	Progênies selecionadas	Progênies não selecionadas	Média dos genitores
Teresina ($F_{5:6}$)	Largura	6,27	6,30	6,24	6,24
	Comprimento	9,96	9,94	9,94	10,18
Lavras ($F_{5:7}$)	Largura	5,40	5,45	5,34	5,39
	Comprimento	9,23	9,30	9,14	9,42
Conjunta: $F_{5:6}$, $F_{5:7}$	Largura	5,83	5,87	5,79	5,81
	Comprimento	9,59	9,61	9,54	9,80

Quando se considera a largura e comprimento médio dos grãos a tendência foi a mesma nos dois locais. Este fato pode ser realçado pela interação do contraste (P_s vs P_n) x locais que foi não significativa como comentado. Estes resultados foram coincidentes com os relatados para o peso de 100 grãos. As estimativas de variância genética para o comprimento e largura dos grãos foram semelhantes. Considerando progênies selecionadas ou não selecionadas, houve sobreposição nas estimativas dos intervalos de confiança (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênies, herdabilidade (h^2), componente da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênies nos dois locais (r_P) para a comprimento do grão, considerando as progênies selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Comprimento do grão		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,115 (0,048; 0,736) ^{1/}	0,348 (0,162; 1,537) ^{1/}	0,218 (0,117; 0,544) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,149	0,381	0,251
	h^2	77,55 (18,01; 91,98) ^{1/}	91,24 (68,00; 96,87) ^{1/}	86,69 (66,83; 94,55) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,046 (0,015; 2,240) ^{1/}	0,158 (0,069; 1,073) ^{1/}	0,100 (0,049; 0,343) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,087	0,199	0,141
	h^2	53,31 (-63,28; 80,83) ^{1/}	79,54 (28,46; 91,60) ^{1/}	71,11 (32,87; 86,04) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	0,028	0,108	0,064
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,073	0,199	0,130
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	0,053	0,145	0,094
	Simplex (%)	15,09	12,41	11,70
	Complexa (%)	84,91	87,59	88,30
	$\hat{\sigma}^2_{PL} \hat{\sigma}^2_P$ (%)	188,7	134,6	146,4
	r_P h^2	0,38 38,40 (-148,00; 84,70) ^{1/}	0,46 54,20 (-84,37; 88,63) ^{1/}	0,44 49,52 (-27,52; 80,02) ^{1/}

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Para o comprimento do grão, observou-se que tanto para as progênies selecionadas (Ps) como nas não selecionadas (Pn), as estimativas da $\hat{\sigma}^2_{PL} \hat{\sigma}^2_P$ foram de grande magnitude, indicando maior predominância dos efeitos da interação progênies x locais do tipo complexa (Tabela 15).

Tabela 15 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênies, herdabilidade (h^2), componente da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética entre médias de progênies nos dois locais (r_p) para a largura do grão, considerando as progênies selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Largura do grão		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,032 (0,010; 0,444) ^{1/}	0,021 (0,008; 42,331) ^{1/}	0,025 (0,010; 0,236) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,053	0,042	0,046
	h^2	59,77 (-46,93; 85,62) ^{1/}	49,43 (-84,68; 81,93) ^{1/}	53,73 (-15,35; 81,06) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_P$	0,014 (0,004-0,588) ^{1/}	0,008 (0,002-9,353) ^{1/}	0,012 (0,005-0,219) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,027	0,022	0,026
	h^2	50,36 (-73,61; 79,61) ^{1/}	37,18 (-119,73; 74,20) ^{1/}	47,63 (-21,72; 74,68) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_P$	0,030	0,002	0,017
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,035	0,017	0,027
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	0,000	0,012	0,001
	Simplex (%)	0,00	16,67	100,00
	Complexa (%)	0,00	83,33	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{PL}/\hat{\sigma}^2_P$ (%)	0,000	493,5	8,1
	r_p	1,45	0,19	0,98
	h^2	86,02 (43,71; 96,53) ^{1/}	14,18 (-245,49; 78,69) ^{1/}	64,59 (10,53; 85,98) ^{1/}

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Considerando as progênies selecionadas e não selecionadas, para a largura dos grãos, a tendência observada na estimativa da variância genética foi semelhante tanto para Lavras como para Teresina (Tabela 15). Fica evidente a não significância do contraste progênies x locais, pois a estimativa da componente $\hat{\sigma}^2_{PL}$ foi apenas 8,1 % de $\hat{\sigma}^2_P$. A coincidência nos intervalos de

confiança nas estimativas de herdabilidade, mostram que, considerando todas as progênies, a herdabilidade foi semelhante entre os locais e na média dos dois locais, reforçando que a participação da interação nesse caso foi pequena.

A magnitude da herdabilidade entre as progênies selecionadas e não selecionadas para o comprimento do grão na média das duas gerações, foi menor do que a estimada em Teresina e Lavras, muito embora ocorresse sobreposição nos intervalos de confiança. Como os erros das estimativas da herdabilidade foram grandes, veja as estimativas do intervalo de confiança (Tabela 14 e 15), fica difícil fazer qualquer inferência a respeito da variabilidade para esses caracteres.

Os gráficos de distribuição de frequência apresentados nas Figuras 7 e 8 mostram que a variabilidade para largura e comprimento dos grãos não foi exaurida nas progênies previamente selecionadas em F_3 .

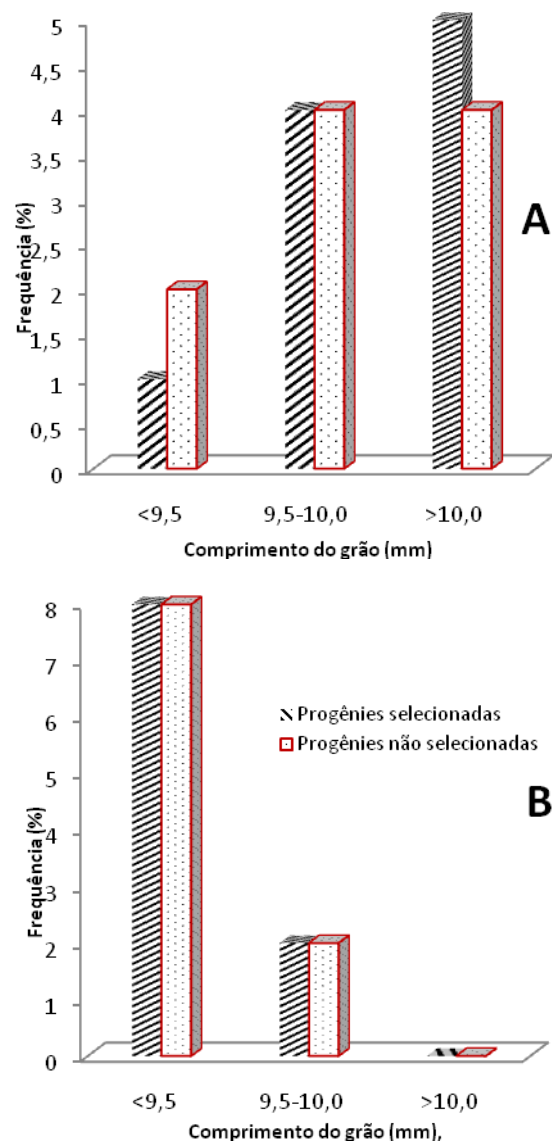


Figura 7 Distribuição de frequência do comprimento de grão (mm), das progênes selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5,6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5,7}$ em Lavras MG (B)

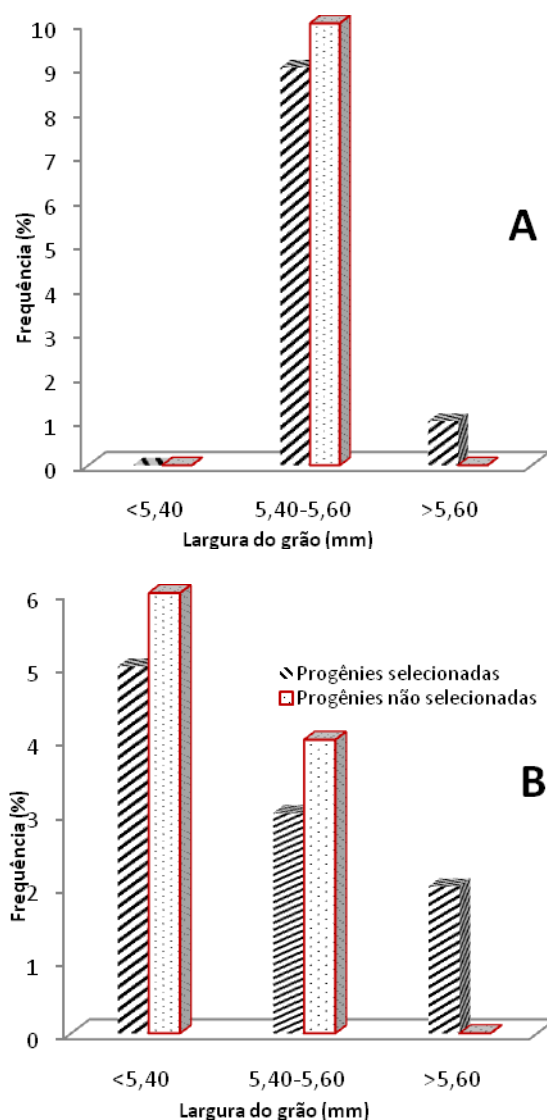


Figura 8 Distribuição de frequência da largura do grão (mm), das progênies selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5:6}$ em Teresina PI (**A**) e em $F_{5:7}$ em Lavras MG (**B**)

Quando se realizaram os cruzamentos, um dos genitores apresentava grãos com cor marrom e hilo menor. A coloração do anel do hilo, largura e

comprimento do hilo, são caracteres de extrema importância na aceitabilidade do caupi para os produtores e atacadistas. Para o efeito, foi tomada uma amostra de 10% das progênies e feitas as análises de variância para identificar o potencial de seleção de progênies com estes atributos.

A análise conjunta, dos dois locais/gerações, mostrou que para a largura do hilo ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os locais. Ao contrário, para o comprimento do hilo, não foram detectadas diferenças significativas (Tabela 16). A largura média do hilo foi 5,5 % superior em Lavras em relação a Teresina. Com relação ao comprimento do hilo nos dois locais a média não foi diferente (Tabela 17).

Tabela 16 Análise de variância conjunta para os caracteres, largura e comprimento do hilo (mm), dados obtidos na avaliação de progênies de caupi geração F_{5,6} conduzidas em Teresina e F_{5,7} em lavras

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Comprimento do hilo (mm)	Largura do hilo (mm)
Local (L)	1	0,02 ns	0,20**
Tratamento (T)	21	0,16**	0,03**
Entre progênies (P)	19	0,17**	0,03**
Progênies selecionadas (Ps)	9	0,12**	0,02*
Progênies não selecionadas (Pn)	9	0,23**	0,04**
<i>Ps vs Pn</i>	1	0,02 ns	0,02 ns
Entre Genitores (G)	1	0,02 ns	0,03 ns
<i>Genitores (G) vs Progênies (P)</i>	1	0,07 ns	0,00 ns
Entre Genitores (G)xLocal (L)	1	0,25**	0,11**
Tratamento (T)xLocal (L)	21	0,07*	0,01 ns
Entre progênies (P)xLocal (L)	19	0,05*	0,01 ns
Progênies selec. (Ps)xLocal (L)	9	0,04 ns	0,00 ns
Progênies não selec. (Pn)xLocal (L)	9	0,07*	0,01 ns
<i>(Ps vs Pn)xLocal (L)</i>	1	0,02 ns	0,01 ns
<i>(G vs P)xLocal L</i>	1	0,15*	0,00 ns
Erro médio	63	0,03	0,01
Teste F (tratamentos)		5,52	2,63
Acurácia		90,48	78,73

ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, GL: graus de liberdade

Observaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre as progênies para largura e comprimento do hilo. A interação progênies x locais foi significativa para o comprimento do hilo e não significativa para a largura do hilo. Já foi enfatizada a importância de se conhecer a significância do contraste (P_s vs P_n) para seleção em gerações iniciais e resposta em gerações mais avançadas. Elas não foram significativas tanto para largura como para o comprimento do hilo. A interação (P_s vs P_n) x Local foi não significativa para os dois caracteres (Tabela 16).

Tabela 17 Estimativas de média do comprimento e largura de hilo (mm) obtidas na avaliação de progênies $F_{5,6}$ em Teresina (PI) e $F_{5,7}$ em Lavras e na média dos dois ambientes

Local/geração	Estimativa de hilo (mm)	Média geral	Progênies selecionadas	Progênies não selecionadas	Média dos genitores
Teresina ($F_{5,6}$)	Largura	1,55	1,56	1,55	1,56
	Comprimento	3,46	3,50	3,50	3,28
Lavras ($F_{5,7}$)	Largura	1,64	1,66	1,62	1,68
	Comprimento	3,46	3,48	3,43	3,50
Conjunta: $F_{5,6}, F_{5,7}$	Largura	1,60	1,61	1,58	1,61
	Comprimento	3,47	3,49	3,46	3,38

A tendência observada na média para largura e comprimento do hilo em Teresina e Lavras foi a mesma. A não significância da interação (P_s vs P_n) x locais realça este fato (Tabelas 16 e 17). O mesmo comportamento foi verificado para as progênies selecionadas ou não para os dois caracteres.

A sobreposição dos intervalos de confiança nas estimativas de variância genética para o comprimento e largura do hilo quando se considerou as progênies selecionadas ou não selecionadas, evidencia que elas são semelhantes (Tabelas 18 e 19).

As estimativas da herdabilidade para largura do hilo no conjunto foi semelhante entre os dois locais. Quando se considera as progênies selecionadas ou não, a magnitude da herdabilidade na média dos dois ambientes foi semelhante. Novamente, a sobreposição dos intervalos de confiança evidencia esse fato.

Tabela 18 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_F$) entre médias de progênies, herdabilidade (h^2), componente da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_P) entre médias de progênies nos dois locais para a largura do hilo, considerando as progênies selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Largura do hilo		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,001 (0,00; 0,62) ^{1/}	0,005 (0,002; 8,79) ^{1/}	0,003 (0,001; 2,58) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_F$	0,007	0,012	0,009
	h^2	8,357 (-234,67; 67,24) ^{1/}	44,820 (-101,52; 80,28) ^{1/}	27,615 (0,00; 70,36) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,001 (0,000; 0,823) ^{1/}	0,007 (0,003; 0,063) ^{1/}	0,004 (0,002; 0,020) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_F$	0,003	0,009	0,006
	h^2	24,150 (-165,28; 68,848) ^{1/}	72,193 (2,745; 88,580) ^{1/}	60,410 (7,991; 80,861) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	0,004	0,004	0,004
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,005	0,008	0,006
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	0,000	0,002	0,000
	Simplex (%)	0,00	0,00	0,00
	Complexa (%)	0,00	100,00	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{PL}/\hat{\sigma}^2_P$ (%)	0,000	35,30	0,000
	r_P	5,35	0,74	1,28
	h^2	82,888 (31,107; 95,750) ^{1/}	58,997 (-65,08; 89,815) ^{1/}	68,023 (19,211; 87,343) ^{1/}

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Tabela 19 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênies, herdabilidade (h^2), componente da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_P) entre médias de progênies nos dois locais para o comprimento do hilo, considerando as progênies selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componentes de variância	Comprimento do hilo		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,039 (0,015; 0,351) ^{1/}	0,091 (0,041; 0,474) ^{1/}	0,060 (0,032; 0,182) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,054	0,106	0,076
	h^2	71,09 (-5,58; 89,66) ^{1/}	85,20 (45,96; 94,71) ^{1/}	79,34 (48,49; 91,54) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_P$	0,002 (0,000; 1,983) ^{1/}	0,012 (0,004; 0,174) ^{1/}	0,007 (0,003; 0,122) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,010	0,020	0,015
	h^2	19,13 (-182,85; 66,79) ^{1/}	59,62 (-41,25; 83,41) ^{1/}	46,66 (-23,96; 74,22) ^{1/}
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_P$	0,016	0,034	0,024
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	0,024	0,049	0,035
	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	0,004	0,018	0,010
	Simplex (%)	100,00	100,00	100,00
	Complexa (%)	0,00	0,00	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{PL}/\hat{\sigma}^2_P$ (%)	27,20	52,70	43,50
	r_P	1,84	1,01	1,13
h^2	66,16 (-36,23; 91,59) ^{1/}	69,38 (-23,27; 92,39) ^{1/}	67,95 (19,02; 87,31) ^{1/}	

^{1/}: Limite inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %: Porcentagem

Considerando as progênies selecionadas e não selecionadas, os gráficos de distribuição de frequência apresentados nas Figuras 9 e 10 mostram que a variabilidade para largura e comprimento do hilo não foi exaurida, evidenciando que a seleção realizada para tipo do grão nas gerações iniciais não influenciou no comprimento e largura do hilo nas gerações F_{5:6} e F_{5:7} ou nos dois locais.

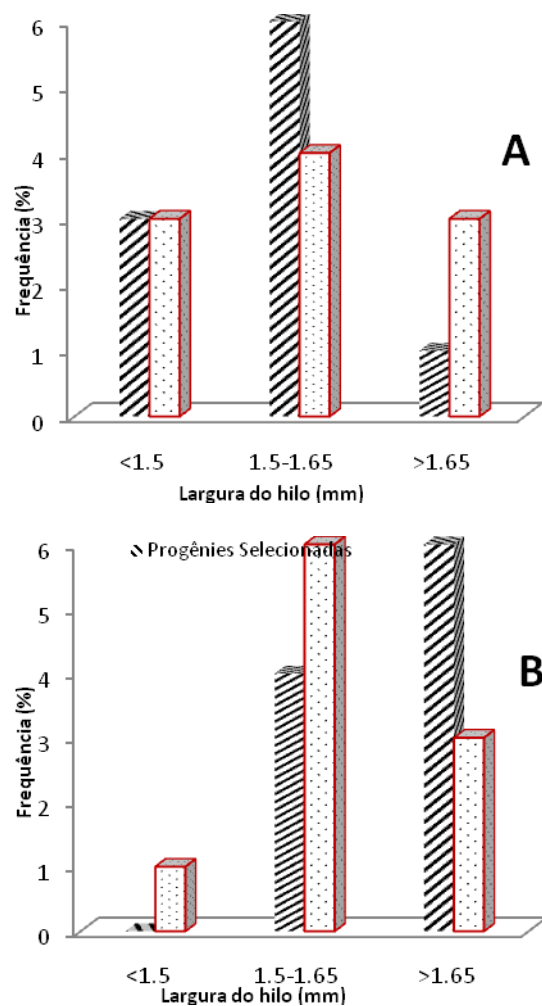


Figura 9 Distribuição de frequência da largura do hilo (mm), das progênies selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 , e avaliadas na geração $F_{5.6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5.7}$ em Lavras MG (B)

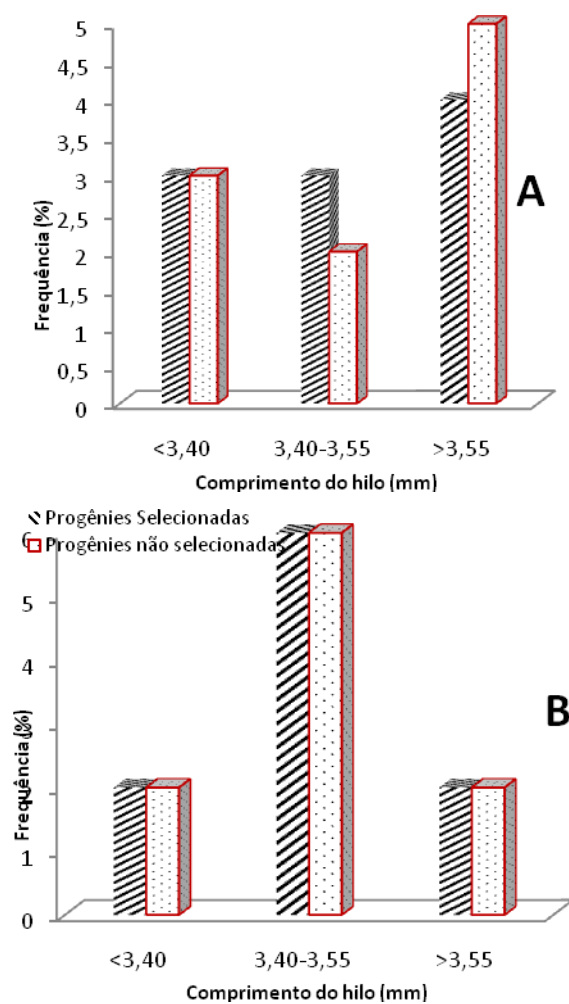


Figura 10 Distribuição de frequência do comprimento do hilo (mm), das progênes seleccionadas e não seleccionadas para tipo de grão em F₃, e avaliadas na geração F_{5:6} em Teresina PI (A) e em F_{5:7} em Lavras MG (B)

A análise conjunta para produtividade de grãos, dos dois locais/gerações, mostrou que ocorreu diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os

locais (Tabela 20). A produtividade média dos grãos foi 8 % superior em Lavras em relação ao obtido em Teresina (Tabela 21).

Foram observadas diferenças significativas entre progênies ($p \leq 0,01$) e no desdobramento dessa fonte de variação, também foi constatada diferença significativa entre progênies do grupo selecionadas e dos não selecionados.

Tabela 20 Análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha), dados obtidos na avaliação de progênies de caupi geração $F_{5:6}$ conduzidas em Teresina e $F_{5:7}$ em lavras

Fonte de variação	GL	QM
Local (L)	1	1206215,11**
Tratamento (T)	195	291702,16**
Entre progênies (P)	193	290454,09**
Progênies selecionadas (Ps)	96	337701,78**
Progênies não selecionadas (Pn)	96	244428,71**
<i>Ps vs Pn</i>	1	173112,00 ns
Entre Genitores (G)	1	577156,47**
<i>Genitores (G) vs Progênies (P)</i>	1	247125,60 ns
Entre Genitores (G)xLocal (L)	1	168496,12 ns
Tratamento (T)xLocal (L)	195	255570,68**
Entre progênies (P)xLocal (L)	193	254873,62**
Progênies selecionadas (Ps)xLocal (L)	96	326043,56**
Progênies não selecionadas (Pn)xLocal (L)	96	178127,75**
<i>(Ps vs Pn)xLocal (L)</i>	1	790161,60**
<i>(G vs P)xLocal L</i>	1	477177,60**
Erro médio	520	85584,09
Teste F (tratamentos)		3,41
Acurácia		84,07

ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, GL: graus de liberdade

Tabela 21 Estimativas da produtividade média de caupi (Kg/ha) obtidas na avaliação de progênies $F_{5:6}$ em Teresina (PI) e $F_{5:7}$ em Lavras e na média dos dois ambientes

	Teresina (ou $F_{5:6}$)	Lavras (ou $F_{5:7}$)	Lavras+ Teresina
Média geral	899,89	971,75	935,70
Média das progênies selecionadas	914,75	932,67	923,71
Média das progênies não selecionadas	883,75	1018,20	950,98
Média dos Genitores	962,07	590,07	776,08

A existência de variabilidade entre as progênies pode ser observada por meio da distribuição de frequências da produtividade média das progênies, apresentadas na Figura 11. A variação em ambos os locais, foi expressiva e não houve grandes diferenças entre a variabilidade expressa na produtividade nas progênies selecionadas ou não para tipo de grão, já que o contraste (P_s vs P_n) foi não significativo. Os resultados apresentados na Tabela 20, considerando a média dos dois locais, comprovam esse fato. A tendência observada na produtividade média dos locais para progênies selecionadas e não selecionadas foi praticamente a mesma nos dois locais.

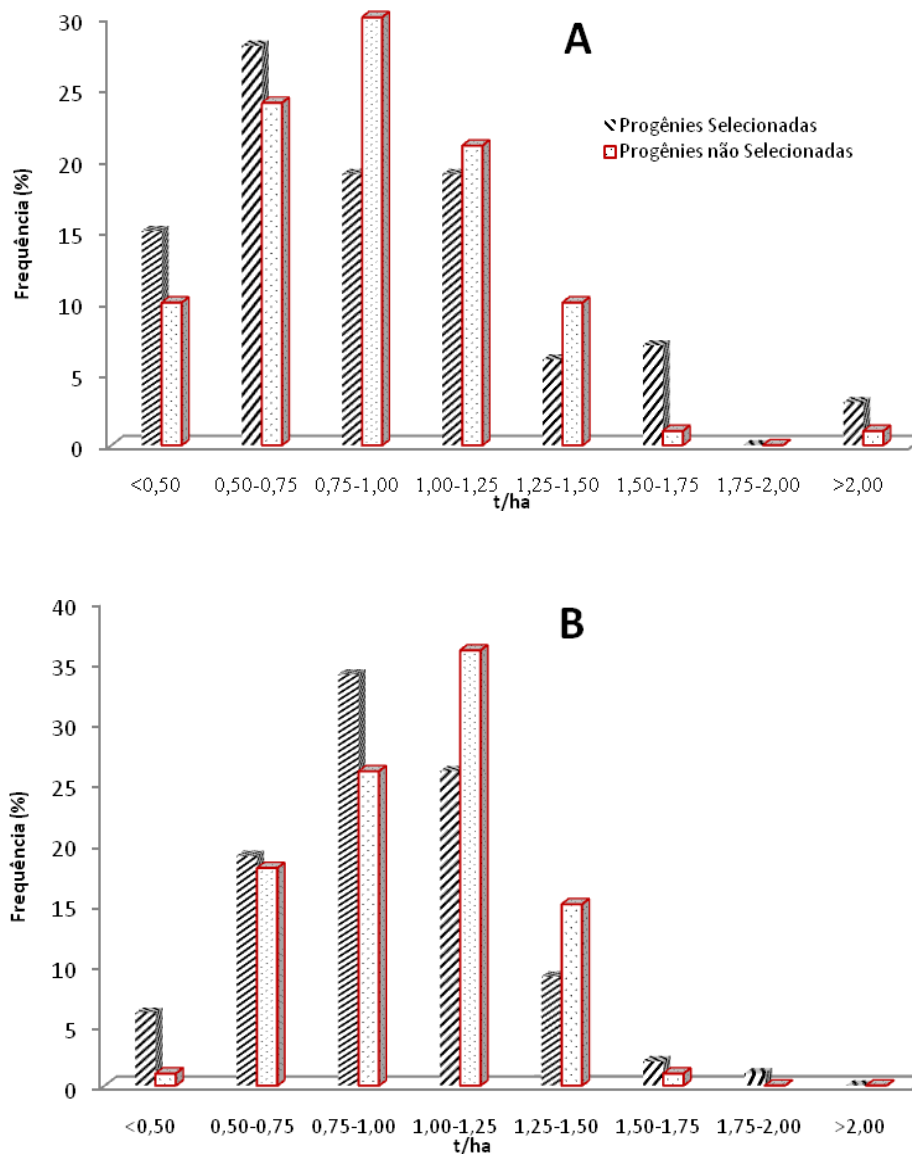


Figura 11 Distribuição de frequência da produtividade média de grãos (t/ha) das progênies selecionadas e não selecionadas para tipo de grão em F_3 e avaliadas na geração $F_{5:6}$ em Teresina PI (A) e em $F_{5:7}$ em Lavras MG (B)

As interações envolvendo progênies x locais foram todas significativas ($p \leq 0,01$). Chama atenção a significância da interação contraste (Ps vs Pn) x Locais, indicando que o desempenho médio das progênies selecionadas e não selecionadas não foi coincidente nos dois locais. Em Lavras, as progênies não selecionadas apresentaram média 9,2% superior à média das progênies selecionadas. Em Teresina ocorreu o contrário, a média das progênies selecionadas foi 3,5% superior a média das progênies não selecionadas (Tabela 20 e 21).

As estimativas dos componentes da variância genética e fenotípica também realçaram a existência de variação na produtividade de grãos (Tabela 22). Chama atenção, contudo que considerando todas as progênies a estimativa da variância genética foi maior em Teresina do que em Lavras. Fica novamente evidenciado que a variação para a produtividade de grãos foi muito semelhante entre as médias das progênies selecionadas e não selecionadas em ambos os locais. Embora a magnitude da variância genética das progênies selecionadas e das não selecionadas seja aparentemente diferente, a estimativa do intervalo de confiança possibilita inferir que elas podem ser semelhantes. As estimativas dos intervalos de confiança se sobrepõem considerando, em cada local, as progênies selecionadas ou não selecionadas.

A magnitude do componente de interação para produtividade de grãos foi muito alta. Muitas vezes superior a da própria estimativa da variância genética entre progênies, tanto de progênies selecionadas, como das não selecionadas ou todas as progênies. Esse fato contribuiu para que as estimativas da herdabilidade na média dos ambientes fossem de magnitude bem inferior a observada em cada local. As estimativas da correlação genética entre desempenho médio das progênies nos dois ambientes foi de pequena magnitude, especialmente para as progênies selecionadas.

Tabela 22 Estimativa dos componentes de variância genética ($\hat{\sigma}^2_P$) e fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$) entre médias de progênes, herdabilidade (h^2), componente da interação progênes x locais ($\hat{\sigma}^2_{PL}$) e correlação genética (r_P) entre médias de progênes, para a produtividade de grãos, considerando as progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) e no total (Ps+Pn), obtidas na avaliação de progênes F_{5:6} em Teresina (PI), F_{5:7} em Lavras e na análise conjunta dos dois locais

Local/ geração	Componente de variância	Produtividade de grãos		
		Ps	Pn	Ps + Pn
Teresina F _{5:6}	$\hat{\sigma}^2_P$	148685,40 (10688,29; 230512,29) ^{1/}	64522,58 (41537,57; 118351,36) ^{1/}	106051,60 (80280,28; 147515,48) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_F$	195271,85	111109,02	152638,05
	h^2	76,14 (65,64; 83,14) ^{1/}	58,07 (39,61; 70,37) ^{1/}	69,48 (59,15; 77,26) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_P$	55290,28 (37922,75; 89181,79) ^{1/}	38957,74 (25407,72; 67665,85) ^{1/}	48583,41 (36565,26; 69347,01) ^{1/}
Lavras F _{5:7}	$\hat{\sigma}^2_F$	81288,71	64956,17	74581,83
	h^2	68,02 (55,26; 76,45) ^{1/}	59,98 (44,02; 70,52) ^{1/}	65,14 (55,08; 72,70) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_P$	2428,79 (1865,31; 3294,08) ^{1/}	13812,70 (10608,15; 18733,63) ^{1/}	7412,60 (6130,44; 9146,05) ^{1/}
	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}}$	70354,54	50922,65	60511,27
Conjunta	$\hat{\sigma}^2_{PL}$	99559,05	37927,46	69904,90
	Simplex (%)	11,37	4,23	7,92
	Complexa (%)	88,63	95,77	92,08

“Tabela 22, conclusão”

Local/ geração	Componente de variância	Produtividade de grãos		
		Ps	Pn	Ps + Pn
	$\hat{\sigma}_{PL}^2 / \hat{\sigma}_P^2$ (%)	4099,1	274,6	943,1
	r_P	0,027	0,276	0,103
	h^2	3,45	27,12	12,25
		$(-44,39; 35,44)^{1/}$	$(-8,98; 51,27)^{1/}$	$(-16,45; 33,88)^{1/}$

^{1/}: Limites inferior (LI) e superior (LS) das estimativas; %:

Como a interação progênies x locais foi de grande magnitude, optou-se por estimar o ganho esperado com a seleção por local, considerando as 10 melhores progênies em cada grupo, isto é, do grupo das progênies selecionadas ou não selecionadas.

A estimativa do ganho foi de grande magnitude, realçando que em cada local a variação genética entre as progênies foi bastante grande, como já comentado, e a precisão experimental foi boa, o que contribui para alta estimativa de herdabilidade. O que mais interessa, é mostrar que o ganho esperado com a seleção para produtividade nas progênies selecionadas para o peso dos grãos em F₃, foi maior que entre progênies não selecionadas (Tabela 23).

Tabela 23 Estimativas de ganhos esperados com a seleção (Gs) para a produtividade de grãos, obtidas na avaliação de progênies F_{5:6} em Teresina, PI e F_{5:7} em Lavras, MG

Local/ geração		Progênies selecionadas	% Gs	Progênies não selecionadas	% Gs
Teresina (F _{5:6})	Media geral	914,75		883,75	
	Média 10%	1610,94		1487,87	
	Gs	530,08 (±70,74)¹	59,98	350,81 (±64,28)¹	39,70
Lavras (F _{5:7})	Media geral	932,67		1018,2	
	Média 10%	1454,92		1440,34	
	Gs	355,23 (±48,19)¹	34,88	253,20 (±46,24)¹	24,93

%; Porcentagem; ¹: Erro associado a estimativa do ganho de seleção

Para responder essa questão, foi estimado o peso de 100 grãos e a porcentagem de grãos retidos em peneiras de diferentes tamanhos, nas 10 progênies mais produtivas. Observou-se que, nos dois locais, a porcentagem de grãos retidos na peneira de 7 mm, foi bem superior nas progênies selecionadas (Ps) em relação as não selecionadas (Pn). Já para o peso de 100 grãos, essa

vantagem não foi muito expressiva (Tabela 24). Este fato evidencia que, para esses caracteres, a seleção nas gerações iniciais pode ser vantajosa.

Tabela 24 Estimativa de médias entre as progênes selecionadas (Ps) e não selecionadas (Pn), dos experimentos conduzidos em Teresina e Lavras, considerando um índice de seleção de 10%

Local/ geração	Tipo de Progênes	Produtividad e (kg/ha)	Peso de 100 grãos (g)	% de grãos retidos nas peneiras		
				7 mm	6 mm	5 mm
Teresina	Ps	1610,94	24,95	44,13	50,48	5,39
	Pn	1487,87	24,32	35,79	58,27	5,95
Lavras	Ps	1454,92	20,63	21,01	52,19	26,80
	Pn	1432,48	19,93	12,90	52,27	34,83

%; Porcentagem

4.2 Discussão

Os dois locais das avaliações das progênes foram bem distintos. Teresina está localizada na região Nordeste, a 05° 05' de latitude Sul, praticamente ao nível médio do mar (72 m), e se caracteriza por ter altas temperaturas associadas à baixa umidade relativa do ar. Já Lavras está localizada na região sudeste, à 21° 14' de latitude e 918 metros de altitude, com clima subtropical, temperaturas mais amenas e alta umidade relativa do ar. Nesse último local não se tem a tradição de cultivo do caupi (Apêndice 5A, Figura A, C). Os dois locais também diferem nas condições físicas e de fertilidade dos solos. Em Teresina, o experimento foi semeado em Julho, com irrigação. Em lavras o experimento foi semeado em Novembro, período de chuvas intensas. Essas diferenças nas condições edafoclimáticas repercutiram no desempenho da cultura nos dois locais. Em Teresina o desenvolvimento vegetativo foi menor; o

que contribuiu para menor produtividade média de grãos, contudo, maior tamanho dos grãos (Tabelas 5, 6, 13 e 21).

A precisão experimental nos experimentos com feijão-caupi tem sido normalmente avaliada por meio do coeficiente de variação (CV) (FREIRE FILHO et al., 2002; LOPES et al., 2001; MACHADO et al., 2008; PASSOS et al., 2011). Contudo, o uso da estimativa de CV como medida de precisão tem sido questionado por alguns autores (BRUZI, 2008; RESENDE; DUARTE, 2007). Eles aconselharam a utilização da acurácia que reflete a correlação entre o valor genotípico verdadeiro das progênies e aquele estimado a partir de informações dos experimentos (COSTA et al., 2005). A estimativa da acurácia obtidas nos experimentos variou entre os caracteres e os locais, contudo, a menor estimativa foi próxima de 70%, indicando alta precisão na avaliação de todos os caracteres em ambos os locais (RESENDE; DUARTE, 2007) (Tabelas 4, 12, 16, 20, Apêndices 1A, 2A, 3A e 4A)

É importante salientar também que a avaliação de caracteres tais como comprimento e largura do grão e do hilo são muito trabalhosos, uma vez que devem ser medidas precisas de alguns grãos. Em Teresina foram obtidos os dados de todas as plantas para todas as progênies. Como o trabalho é excessivo, optou-se por promover a análise utilizando apenas uma amostra de 10% das parcelas. Constatou-se que as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos da amostra e do total foram muito semelhantes (dados não apresentados). Por essa razão essa estratégia de amostragem foi adotada em Lavras e utilizada na análise conjunta.

Na geração F_3 , as sementes foram divididas em duas amostras. Em uma delas procedeu-se a seleção para tamanho de grãos por meio de uma peneira de 7 mm . Essas duas populações foram então semeadas para obter as gerações F_4 e F_5 , quando foram retiradas progênies. Nos dois locais o contraste das progênies selecionadas (Ps) e não selecionadas (Pn) foi significativo para o peso e a

porcentagem de grãos retidos nas peneiras de diferentes tamanhos. Embora significativo o contraste, o peso médio dos grãos (Peso de 100 grãos) das progênes selecionadas (Ps) foi apenas ligeiramente superior ao das não selecionadas (Pn). Contudo, a porcentagem de grãos retidos na peneira de 7 mm, que foi a unidade seletiva empregada, foi expressiva, em ambos os locais. Mostrando, portanto que a seleção precoce para essa característica foi eficiente (Tabelas 5 e 6).

Não foi encontrada nenhuma referência da eficiência da seleção precoce para o tamanho dos grãos em caupi. Segundo Bernardo (2010), independente da espécie, a seleção precoce é função da correlação genética (r_{gg}) nas gerações g , de seleção, e g' uma geração mais avançada e da raiz quadrada da herdabilidade. Como a r_{gg} entre as gerações F_3 e F_6 ou F_7 é alta ($r_{36}=0,88$ e $r_{37}=0,87$), o sucesso da seleção é função da estimativa da herdabilidade (h^2). Como a estimativa da h^2 para o tamanho dos grãos foi alta, é esperado que a seleção precoce funcione como ocorreu. Essa condição é essencial para o que se propôs com este trabalho.

Quando a seleção realizada é eficiente, é esperado que ocorra redução na variância genética do caráter (FALCONER; MACKAY, 1996). Observou-se, contudo que para o caráter porcentagem de grãos retidas na peneira de 7 mm e também para o peso dos grãos, as estimativas da h^2 entre progênes selecionadas (Ps) ou não selecionadas (Pn) foi semelhante e alta (Tabela 7 e 8). Isso indica que embora a seleção realizada em F_3 tenha sido eficaz ela não exauriu a variabilidade, evidenciando a possibilidade de se continuar tendo sucesso com a seleção para caracteres associados ao tamanho dos grãos.

Como os locais são bem distintos como já mencionado, e foi observada variação genética entre as progênes para todos os caracteres (Tabelas 7, 8, 9, 10 e 22), isso contribuiu para a ocorrência de interação significativa ($P \leq 0,05$) (Tabelas 4 e 20, Apêndices 1A, 2A, 3A e 4A). A interação progênes x ambientes significativa indica que o comportamento das progênes não foi

coincidente nos dois locais (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). O que interessa, no entanto é verificar se a interação alterou ou não a classificação das progênies nos dois locais. Alterou-se, a interação é complexa em caso contrário, é considerada simples (CRUZ; CARNEIRO, 2006; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Para os caracteres associados ao tamanho dos grãos a relação do componente de variância da interação progênies x locais ($\hat{\sigma}_{PL}^2$) e variância genética entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), embora significativa, foi de magnitude inferior ao observado para a produtividade dos grãos (Tabela 6 e 20). Adicionalmente foi constatado, para todos os caracteres, que houve predominância de interação do tipo complexa. Indicando que as melhores progênies em Teresina, não necessariamente foram as melhores em Lavras.

Na literatura relatos de ocorrência de interação para caracteres associados ao tamanho dos grãos foi baixo. Para produtividade, no entanto, existem vários relatos em que a interação progênies x ambientes foi marcante (BEZERRA, 1997; BORDIA; VENDRA; KUMAR, 1973; PADI, 2006; PADI; EHLERS, 2008; PASSOS et al., 2011).

Como a interação foi expressiva, a maior ênfase na discussão dos resultados será direcionada a cada ambiente. Em ambos locais foi detectada diferença entre as progênies, independente se a seleção para tamanho dos grãos foi efetuada ou não. As estimativas da herdabilidade obtidas confirmam esse fato, todas elas foram diferentes de zero exceto para o comprimento e largura do hilo em que o limite inferior do intervalo de confiança da herdabilidade foi negativo.

Uma informação importante é se a herdabilidade das progênies selecionadas para o tamanho de grão em F_3 (P_s) foi diferente da obtida para as não selecionadas (P_n), especialmente no caso da produtividade de grãos. Constatou-se que a herdabilidade (h^2) para a seleção na média das progênies P_s

ou Pn foi semelhante tanto em Teresina como em Lavras, indicando que a seleção precoce para o tamanho dos grãos não afetou a variância genética entre progênies para a produtividade de grãos em gerações mais avançadas. Como a produtividade de grãos, pelo menos em princípio, é um caráter dependente diretamente do peso dos grãos, é esperado que os genes que afetem o peso dos grãos também interfiram na expressão da produtividade. Provavelmente isso ocorreu, como já mencionado, porque a seleção para tamanho dos grãos em F₃, embora tendo sido eficiente, não exauriu a variabilidade genética para esse caráter.

No feijão-caupi, a seleção realizada na geração F₂ para floração precoce e tamanho das vagens não afetou o desempenho das progênies para a produtividade de grãos nas gerações F₃ e F₄ (PADI; EHLERS, 2008). Outro trabalho com feijão, mostrou que a seleção precoce para a cor dos grãos em F₂, não afetou o desempenho das progênies para a produtividade de grãos em gerações mais avançadas (SANTOS, 2001).

A resposta à seleção precoce para o tamanho dos grãos não foi expressiva, como já comentado. Contudo, a seleção precoce, possibilitou que, considerando as dez melhores progênies, na geração F_{5:6} e F_{5:7}, com o mesmo esforço dedicado em relação a população sem seleção, fosse possível, obter progênies que associem maior produtividade média de grãos, com maior peso e proporção de grãos retidos nas peneiras de 7 mm (Tabela 24).

As estimativas da herdabilidade, para produtividade de grãos, no total das progênies foi superior a 65%, em ambos os locais, condição essa favorável para que a seleção para esse caráter seja eficiente (Tabela 21). Tanto é assim que as estimativas do ganho esperado com a seleção, considerando as 10 progênies mais produtivas, tanto nas selecionadas (Ps) como nas não selecionadas (Pn) em ambos os locais, foi superior a 24% (Tabela 23). Considerando que a população segregante favorável à seleção associa média alta e maior variância genética

possível, a utilizada neste trabalho tem grande potencial para seleção, tanto para a produtividade como qualidade dos grãos.

Na literatura foram encontradas inúmeras estimativas de herdabilidade, para diferentes populações segregantes, locais de avaliação e tipos de progênies. As estimativas relatadas na variaram de 2 a 91,7%. Portanto, os valores encontrados nesse trabalho estão dentro dos limites normalmente relatados para a produtividade de grãos. Com relação a estimativa dos ganhos, os valores encontrados estão dentro do intervalo que é normalmente relatado na literatura (LOPES et al., 2001; PASSOS et al., 2011).

5 CONCLUSÕES

- a) A população segregante tem potencial para que seja obtido sucesso com a seleção para produtividade e caracteres relacionados ao tamanho dos grãos, pois associa média e variância genética alta.
- b) A seleção precoce para caracteres relacionados ao aspecto do grão não afeta o sucesso da seleção em gerações mais avançadas para a produtividade de grãos.
- c) A interação progênies x locais para o alguns caracteres é expressiva com predominância do tipo complexa especialmente para a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- APTE, U. B.; CHAVAN, S. A.; JADHAV, B. B. Genetic variability and heritability in cowpea. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 57, n. 8, p. 596-598, Aug. 1987.
- ARAÚJO, J. P. P. de. Morfologia: estágios de crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). spp. Unguiculata. In: CURSO DE TREINAMENTO PARA PESQUISADORES DE FEIJÃO-CAUPI, 1., 1979, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/IITA, 1979. p. 1-19.
- ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. **O Caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1988. 722 p.
- ARYEETAY, A. N.; LAING, E. Inheritance of yield components and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Euphytica**, Dordrecht, v. 22, p. 386-392, 1973.
- BACKIYARANI, S.; NADARAJAN, N. Variability studies in cowpea. **Legume Research**, Sadar, v. 19, n. 1, p. 59-61, 1996.
- BARRIGA, R. H. M. P.; OLIVEIRA, A. F. F. de. **Variabilidade genética e correlações entre o rendimento e seus componentes em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região amazônica**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 16 p.
- BARROS, F. R. et al. Potencial genético de progênies de feijão-caupi segregantes quanto ao tipo da inflorescência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 182-189, fev. 2011.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2nd ed. Woodburg: Stemma, 2010. 400 p.
- _____. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 1, p. 17-21, Jan. 1991.
- BEZERRA, A. A. de C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi ereto**. 1997. 105 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1997.

BORDIA, P. C.; VENDRA, J. P. V.; KUMAR, S. Genetic variability and correlation studies in cowpea (*Vigna sinensis* L. Savi ex Hassk). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 4, p. 1-5, 1973.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste especialmente do Ceará**. 4. ed. Natal: UFRN, 1976. 249 p.

BRIDGES, W. C.; KNAPP, S. J.; CORNELIUS, P. L. Standard errors and confident interval estimators for expected selection response. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 253-255, 1991.

BRUZI, A. T. **Aplicações da análise de modelos mistos em programas de seleção recorrente do feijoeiro comum**. 2008. 83 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001. 282 p.

COSTA, R. B. et al. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 74-75, 2005.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 2, 585 p.

CUTRIM, V. A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 601-607, jun. 1997.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th ed. Edinburgh: Longman, 1996. 464 p.

FAYE, M. D. et al. The influence of cowpea characteristics on cowpea prices in Senegal. **Agrekon**, Stellenbosch, v. 43, n. 4, p. 418-429, 2004.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development: theory and technique**. New York: McGraw-Hill, 1987. 536 p.

FREIRE FILHO, F. R. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. p. 28-93.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1988. p. 25-46.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de porte ereto enramador. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 234, p. 383-393, maio 2002.

_____. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREY, K. J. The use of F2 lines in predicting the performance of F3 selections in two barley crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, 1954.

GOWDA, T. H.; HIREMATH, S. R.; SALIMATH, P. M. Estimation of genetic parameters in intervarietal crosses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and their implication in selection. **Legume Research**, Sadar, v. 14, n. 1, p. 15-19, 1991.

HADAPAD, S. B. **Strategies for increasing variability for yield and its attributes in cowpea**. 2001. 257 p. Dissertation (Master in Plant Breeding) - University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2001.

HENSHAW, F. O. Varietal differences in physical characteristics and proximate composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). **World Journal of Agricultural Sciences**, Deira, v. 4, n. 3, p. 302-306, 2008.

IDAHOSSA, D. O.; ALIKA, J. E.; OMOREGIE, A. U. Genotypic variability for agronomic and yield characters in some cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Nature and Science**, New York, v. 8, n. 1, p. 48-55, 2010.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 2, p. 192-194, 1985.

KURER, S. **Genetic variability studies in F2 and F3 generations of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. 2007. 54 p. Dissertation (Master in Science Agriculture in Plant Breeding) - University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2007.

LOPES, A. C. A. et al. Variabilidade entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 515-520, mar. 2001.

LOPES, F. C. C.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R. Genetic control of cowpea seed sizes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 315-318, 2003.

MACHADO, C. de F. et al. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

MAFRA, R. C. Contribuição ao estudo do “feijão massacar”: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: CURSO DE TREINAMENTO PARA PESQUISADORES DE FEIJÃO-CAUPI, 1., 1979, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP/IITA, 1979. p. 1-39.

MANGGOEL, W. et al. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] accessions. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Victoria, v. 4, n. 5, p. 80-86, 2012.

MATHUR, R. Genetic variability and correlation studies in Segregating generations of cowpea. **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 82, n. 2, p. 150-152, 1995.

MATOS FILHO, C. H. A. et al. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 348-354, mar./abr. 2009.

MEHTA, D. R.; ZAVERI, P. P. Genetic variability and association analysis in F5 generation resulted from 3 selection scheme in cowpea. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, Cincinnati, v. 23, p. 238-240, 1999.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY. **MSTAT-C**. East Lansing, 1991.
Disponível em: <<https://www.msu.edu/~freed/mstatc.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2012.

MOHAMMED, M. S.; RUSSOM, Z.; ABDUL, S. D. Inheritance of hairiness and pod shattering, heritability and correlation studies in crosses between cultivated cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and its wild (var. *pubescens*) relative. **Euphytica**, Amsterdam, v. 171, n. 3, p. 397-407, 2010.

MOSTASSO, L. et al. Selection on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, Jan. 2002.

NTARE, B. R.; AKEN'OVA, M. Yield stability in segregating populations of cowpea. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 2, p. 208-211, Feb. 1985.

PADI, F. K. Early generation selection for high yielding cowpea genotypes in additive series intercropping system with sorghum. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 151, n. 3, p. 391-400, Dec. 2006.

_____. Genetic analysis of pigmentation in cowpea. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Lahore, v. 6, n. 19, p. 1655-1659, 2003.

PADI, F. K.; EHLERS, J. D. Effectiveness of early generation selection in cowpea for grain yield and agronomic characteristics in Semiarid West Africa. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 2, p. 533-540, Mar./Apr. 2008.

PASSOS, A. R. et al. Ganho por seleção direta e indireta em caupi considerando a interação G x E. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 1, p. 18-33, 2011.

PATIL, R. B.; BAVISKAR, A. P. Variability studies in cowpea. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, Cincinnati, v. 12, n. 1, p. 63-66, 1987.

PEDRO, J.; ALVES, A. **Descritores para feijão frade ou caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Rome: Bioversity International, 2007. 25 p.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2012. 328 p.

RANALLI, P. et al. Comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crosses. **Journal of Genetics Breeding**, Rome, v. 50, n. 2, p. 103-108, 1996.

RANGAIAH, S.; NEHRU, S. D. Genetic variability, correlation and path analysis in cowpea. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, Karnataka, v. 11, p. 927-932, 1998.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 362 p.

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

ROCHA, M. M. et al. Aspectos da biologia floral do caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp.) in avanços tecnológicos no feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CAUPI, 12., 2001, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2001. 1 CD-ROM.

_____. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 8, n. 1, p. 135-141, 2003.

ROSAL, C. J. S. et al. Seleção precoce para a produtividade de grãos no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 189-195, 2000.

SANTOS, V. S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. 2001. 51 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SAVITRAMMA, D. L. Genetic variability in cowpea. **Agriculture Research Journal Kerala**, Cairo, v. 30, n. 1, p. 50-52, 1992.

SELVI, B. et al. Genetic variability in cowpea. **Annals of Agricultural Research**, Ghaziabad, v. 15, p. 248-249, 1994.

SINGH, K. B.; MEHNDIRATTA, P. D. Genetic variability and correlation studies in cowpea. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, Calcutta, v. 30, n. 2, p. 104-109, 1969.

SPILLMAN, W. J. Inheritance of the "eye" in *Vigna*. **The American Naturalist**, Chicago, v. 14, p. 513-523, 1911.

VELLO, N. A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento da soja na ESALQ-USP. In: CÂMARA, G. M. S.; MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E. A. M. (Ed.). **Cultura e produtividade da soja**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 60-81.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 469 p.

VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae-Papilionoidea for the flora of tropical East Africa. **Kew Bulletin**, Kew, v. 24, p. 597-569, 1970.

APÊNDICES

APÊNDICE 1A - Análise de variância para as características produtividade de grãos (kg/ha), peso de 100 grãos (g), porcentagem de semente retidas nas peneiras de 7, 6 e 5 mm, avaliadas na geração F_{5;6} em Teresina, 2011 na safra da seca.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Produtividade do grão (kg/ha)	Peso de 100 grãos (g)	Peneira de 7 mm	Peneira de 6 mm	Peneira de 5 mm
Tratamentos (T)	195	302485,79**	16,31**	866,97**	495,36**	96,91**
Progênies (P)	193	305276,09**	16,46**	875,11**	500,22**	97,79**
Progênies selec. (Ps)	96	390543,70**	17,43**	895,77**	541,50**	74,78**
Progênies não selec. (Pn)	96	222218,05**	15,65**	801,04**	432,30**	116,69**
Genitores (G)	1	50815,98ns	3,21ns	73,96ns	26,52ns	8,70ns
Ps vs Pn	1	107708ns	0,60ns	5864,2**	3109,7**	433,18**
Ps vs G	1	1707ns	0,57ns	0ns	0,4ns	0,4ns
Pn vs G	1	11509ns	0,36ns	237,1ns	112ns	23,19ns
Erro efetivo	169	93.172,89	7,91	104,47	102,52	22,11
Teste F (tratamentos)		3,25	2,06	8,30	4,83	4,38
Acurácia		83,20	71,77	93,78	89,05	87,85

APÊNDICE 2A - Análise de variância para as características largura e comprimento do grão e largura e comprimento do hilo (mm), avaliadas na geração F_{5,6} em Teresina, 2011 na safra da seca.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		Largura do grão (mm)	Comprimento do grão (mm)	Comprimento do hilo (mm)	Largura do hilo (mm)
Tratamentos (T)	21	0,100**	0,482**	0,155**	0,022ns
Progênes (P)	19	0,093*	0,502**	0,152*	0,018ns
Progênes selec. (Ps)	9	0,107*	0,298*	0,109*	0,015ns
Progênes não selec. (Pn)	9	0,085ns	0,763**	0,213*	0,024ns
Genitores (G)	1	0,326*	0,372*	0,169*	0,111**
Ps vs Pn	1	0,039ns	0,000ns	0,000ns	0,002ns
Ps vs G	1	0,012ns	0,193ns	0,170*	0,000ns
Pn vs G	1	0,000ns	0,199ns	0,164*	0,000ns
Erro	21	0,043	0,067	0,031	0,013ns
Teste F (tratamentos)		2,32	7,22	4,91	1,64
Acurácia		75,43	92,82	89,24	62,47

selec.- Seleccionadas; vs: contraste; ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, GL: graus de liberdade

APÊNDICE 3A - Análise de variância para as características produtividade de grãos (kg/ha), peso de 100 grãos (g), peso de semente separado nas peneiras de 7, 6 e 5 mm, largura e comprimento do grão, largura e comprimento do hilo, avaliadas na geração F_{5:7} em Lavras, 2011 na safra das águas.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		Produtividade do grão (kg/ha)	Peso de 100 grãos (g)	Peneira de 7 mm	Peneira de 6 mm	Peneira de 5 mm
Tratamentos (T)	195	230362,36**	8,08**	327,10**	84,76**	278,18**
Progênes (P)	193	223745,50**	8,16**	328,90**	81,95**	279,57**
Progênes selec. (Ps)	96	243866,13**	8,01**	367,76**	81,89**	302,41**
Progênes não selec. (Pn)	96	194868,50**	8,10**	262,62**	81,98**	238,08**
Genitores (G)	1	855841,76**	0,01ns	299,91**	532,98**	37,95ns
Ps vs Pn	1	10972,75 ns	37,46**	3046,1**	87,19ns	2102,6**
Ps vs G	1	176060,99 ns	0,03ns	9,6ns	202,01*	123,4ns
Pn vs G	1	274939,91 ns	1,93ns	63,8ns	152,18*	413,1**
Erro efetivo	351	77995,28	2,02	46,92	33,96	38,40
Teste F (tratamentos)		2,95	3,99	6,97	2,49	7,24
Acurácia		81,3	86,59	92,55	77,36	92,84

APÊNDICE 4A - Análise de variância para as características largura e comprimento do grão, largura e comprimento do hilo, avaliadas na geração F_{5,7} em Lavras, 2011 na safra das águas.

Fonte de variação	GL	QM			
		Largura do grão (mm)	Comprimento do grão (mm)	Comprimento do hilo (mm)	Largura do hilo (mm)
Tratamentos (T)	21	0,071*	0,395*	0,046*	0,018*
Progênes (P)	19	0,078*	0,422*	0,046*	0,019*
Progênes selec. (Ps)	9	0,082ns	0,261*	0,031ns	0,010ns
Progênes não selec. (Pn)	9	0,065ns	0,596**	0,061*	0,027*
Genitores (G)	1	0,020ns	0,040ns	0,082ns	0,013ns
Ps vs Pn	1	0,156ns	0,304ns	0,055ns	0,028ns
Ps vs G	1	0,013ns	0,097ns	0,000ns	0,001ns
Pn vs G	1	0,013ns	0,397ns	0,024ns	0,018ns
Erro	42	0,041	0,122	0,025	0,008
Teste F (tratamentos)		1,75	3,24	1,87	2,41
Acurácia		65,46	83,14	68,21	76,49

selec.- Seleccionadas; vs: contraste; ns: não significativo; *,** : significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, GL: graus de liberdade

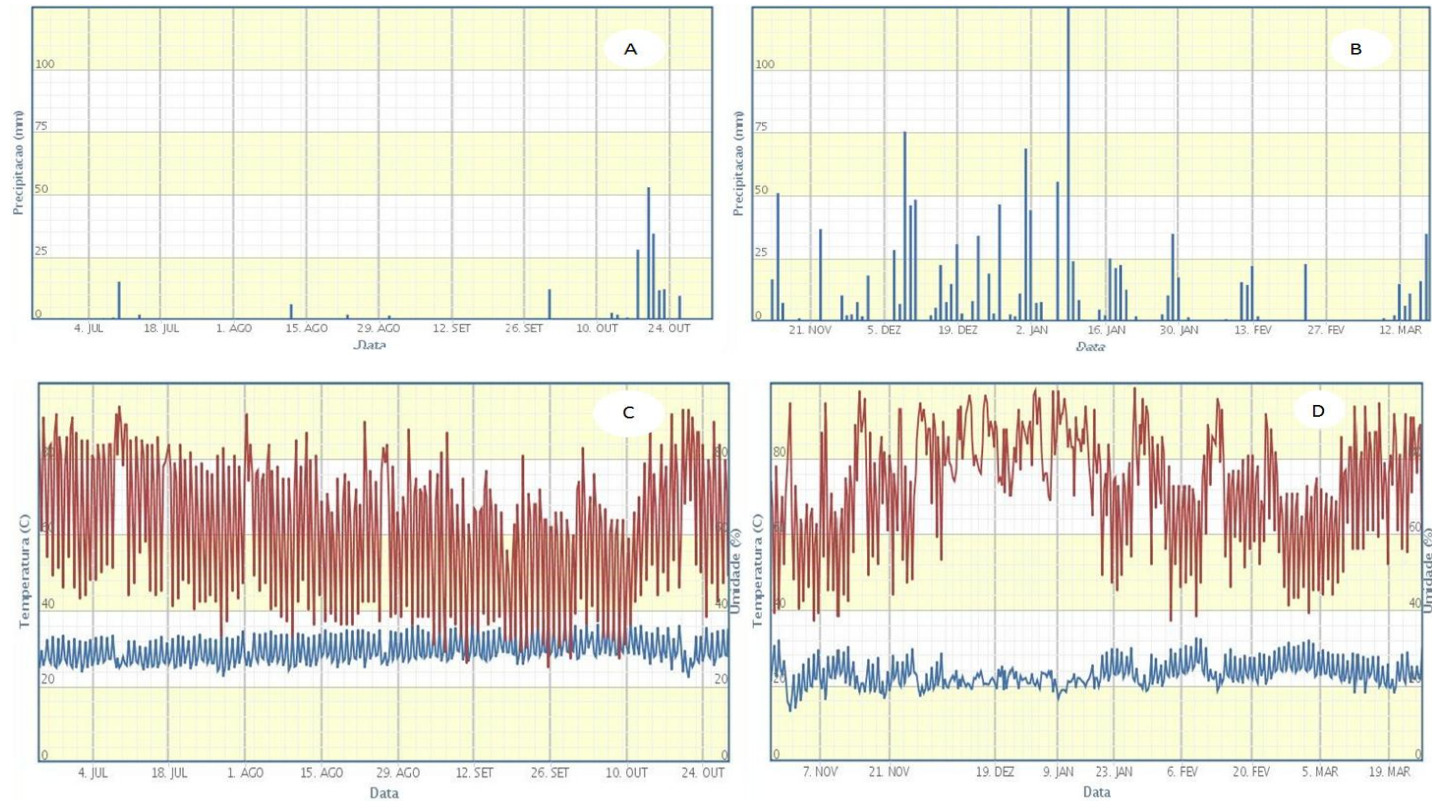


Figura 1A - Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, observadas durante a condução dos experimentos de avaliação de progênies F_{5:6}, Teresina PI (Figuras A e C) e F_{5:7}, Lavras (Figuras B e D)