

FLAVIA FRANÇA TEIXEIRA

CONTROLE GENÉTICO DO PORTE DO FEIJOEIRO

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

Orientador

Prof. MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1997**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA

Teixeira, Flavia França

Controle genético do porte do feijoeiro / Flavia França Teixeira. -- Lavras:
UFLA, 1997.

86 p. : il.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Porte. 2. Controle genético. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD-635.6523

29/98

FLAVIA FRANÇA TEIXEIRA

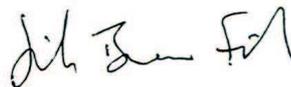
CONTROLE GENÉTICO DO PORTE DO FEIJOEIRO

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

APROVADA em 29 de agosto de 1997



Prof^a Dr^a Elaine Aparecida Souza



Prof. Dr. Júlio S. de S. Bueno Filho



Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
(Orientador)

A minha mãe, Suzana, por todo o apoio e carinho dedicados em todas as etapas da minha vida.

A memória de minha saudosa avó, Yedda, que tanto me incentivou a seguir a minha vocação.

Ao meu irmão, Marcio, a minha cunhada, Bianca e aos meus queridos sobrinhos, Marcio e Rafael.

Aos amigos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Biologia pela excelente oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos

Ao Professor Magno Antônio Patto Ramalho pela primorosa orientação, incansável dedicação e pela minha formação profissional durante a graduação e mestrado.

A Pesquisadora Ângela de Fátima Barbosa Abreu pela amizade, dedicada coorientação e sábias sugestões.

Ao Professor Daniel Ferreira Furtado por todos os esclarecimentos, pelo auxílio estatístico e matemático e pelo programa MAPGEN que proporcionou a rapidez das análises realizadas.

Aos membros da banca, Professores Elaine Aparecida de Souza e Júlio Sílvio de Sousa Bueno Filho pela oportunidade e pelas valorosas sugestões.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Estado de Minas Gerais e seus funcionários pela oportunidade da condução dos experimentos na Fazenda Experimental em Patos de Minas.

Aos Professores Magno, João Bosco, César, Samuel, Nazareno, Maluf, Lucimar e ao demais Professores da Universidade Federal de Lavras por todos os conhecimentos transmitidos durante a graduação e pós-graduação.

Aos funcionários do Departamento de Biologia: Rosilene, Adilson, Ester e Zélia por toda a atenção dedicada.

Aos grandes colegas dos cursos de Mestrado e Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas: Wilton, Ângela, Claudio, Leandro, Jaime, Haroldo, Moacil, Oswaldo, João Cândido, Cláudia, Gustavo, Cíntia, Hércules, Flávia, Hélia, Pedro, Aurélio, Sandro, Francislei, Giovana, Patrícia, Leonardo, Juscélio, Glauber, Cícero, Jair, Claudomiro, Vânia, Renata, Bárbara, Everton, Fausto, Gabriela, Mívia, Delly, Luís, Cristina, Oneida, Edwin, Joelson, Carlota, André, Antonio Carlos, João Luís, André, Carlos, Raimundo, Walter e Renzo e aos colegas que se dedicam a iniciação científica: Juliana, Vilacildo, Paulo Sérgio, Eduardo, Adriano, Luís, Edvandro, Viviane, Roberta, Ana Luisa, Glaydes e Priscila pela amizade.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Morfologia da planta	3
2.1.1 Hábito de crescimento	7
2.2 Controle genético de caracteres associados à arquitetura	12
2.3 Correlação entre componentes da arquitetura e caracteres de importância do feijoeiro	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Locais	18
3.2 Material	18
3.3 Obtenção de populações segregantes	20
3.4 Experimentos utilizando plantas individuais	21
3.4.1 Análise dos dados dos experimentos utilizando plantas individuais	24
3.4.2 Estimativas de parâmetros utilizando plantas individuais	26
3.4.3 Estimativas de correlações entre caracteres	29

	Página
3.5 Experimentos empregando famílias segregantes	30
3.5.1 Análise dos dados dos experimentos que empregam famílias segregantes	32
3.5.2 Estimativas de parâmetros com o emprego de famílias segregantes	35
3.5.3 Estimativa dos coeficientes de correlação genética e fenotípica	38
4 RESULTADOS	40
4.1 Avaliação de caracteres em plantas individuais	40
4.2 Avaliação do porte com emprego de famílias segregantes	52
4.3 Estimativas de correlações entre caracteres	69
5 DISCUSSÃO	73
CONCLUSÕES.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Linhagens de feijão utilizadas e algumas de suas características	19
2	Escala para notas de porte	23
3	Esquema da análise de variância utilizada no experimento 1	25
4	Esquema da análise de variância utilizada no experimento 5	33
5	Esquema da análise de variância conjunta utilizada no experimento 7	34
6	Modelo da análise de variância dos caracteres X e Y e da sua soma esperança matemática dos produtos médios utilizados na análise desses caracteres	38
7	Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliadas na safra da seca de 1996 em Lavras (Experimento 1)	44
8	Variâncias das populações e estimativas dos componentes de variância genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliado na safra da seca de 1996 em Lavras (Experimento 1)	45

Tabela		Página
9	Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliadas na safra de inverno de 1996 em Patos de Minas (Experimento 2)	46
10	Variâncias das populações e estimativas dos componentes de variância genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliado na safra de inverno de 1996 em Patos de Minas (Experimento 2)	47
11	Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca-MG x Pompadour avaliadas na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 3)	48
12	Variâncias das populações e estimativas dos componentes de variância genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca-MG x Pompadour avaliado na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 3)	49
13	Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca x FT-Tarumã avaliadas na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 4)	50

Tabela		Página
14	Variâncias das populações e estimativas dos componentes de variância genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca x FT-Tarumã avaliado na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 4)	51
15	Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas nos experimentos de avaliação de famílias $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca-MG x H-4 conduzido na safra de outono-inverno de 1996 em Lavras (Experimento 5).....	57
16	Resumo da análise de variância conjunta das notas de porte obtidas nos experimentos de avaliação de famílias $F_{2:4}$ e $F_{3:5}$ do cruzamento Carioca-MG x H-4 conduzido na safra da seca de 1997 em Patos de Minas e em Lavras (Experimento 7)	59
17	Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas no experimento de avaliação de famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã conduzido na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 8)	62
18	Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas no experimento de avaliação de famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã conduzido na safra da seca de 1997 (Experimento 6)	64
19	Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas no experimento de avaliação de famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x Rio Tibagi conduzido na safra da seca de 1997 em Patos de Minas (Experimento 9)	66

Tabela		Página
20	Estimativas das herdabilidades realizadas entre famílias para nota de porte	68
21	Estimativas das correlações fenotípicas entre caracteres avaliados ao nível de indivíduo no cruzamento Carioca-MG x H-4	70
22	Estimativas das correlações fenotípicas entre caracteres avaliados ao nível de indivíduo no cruzamento Carioca-MG x Pompadour	71
23	Estimativas das correlações fenotípicas entre caracteres avaliados ao nível de indivíduo no cruzamento Carioca x FT-Tarumã	71
24	Estimativas de correlações fenotípicas e genéticas avaliadas a nível de média de famílias entre nota de porte e produtividade avaliadas nos cruzamentos Carioca-MG x H-4 e Carioca x FT-Tarumã	72

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{2:3}$ (a) e $F_{3:4}$ (b) do cruzamento Carioca-MG x H-4, conduzidas na safra de inverno 1996 em Lavras (Experimento 1) ..	58
2	Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{2:4}$ (a) e $F_{3:5}$ (b) do cruzamento Carioca-MG x H-4, conduzidas na safra da seca de 1997 em Patos de Minas (Experimento 7).....	60
3	Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{2:4}$ (a) e $F_{3:5}$ (b) do cruzamento Carioca-MG x H-4, conduzidas na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 7) (.)	61
4	Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{2:3}$ (a) e $F_{2:3}RC_1$ (b) e $F_{2:3}RC_2$ (c) do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, conduzidas na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 8)	63

Figura		Página
5	Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, conduzidas na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 6)	65
6	Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{2:3}$ (a) e $F_{2:3}RC_1$ (b) e $F_{2:3}RC_2$ (c) do cruzamento Carioca x Rio Tibagi, conduzidas na safra da seca de 1997 em Patos de Minas (Experimento 9)	67

RESUMO

TEIXEIRA, Flavia França. **Controle genético do porte do feijoeiro**. Lavras: UFLA, 1997.

86 p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)*

O porte mais ereto das plantas tem sido uma das exigências nas novas cultivares de feijoeiro. Visando obter maiores informações sobre o controle genético de caracteres relacionados ao porte das plantas foi realizado esse trabalho no período de agosto de 1995 a julho de 1997 nas regiões Sul e Alto São Francisco em Minas Gerais. Inicialmente procedeu-se as análises de plantas individuais dos parentais e de diferentes gerações segregantes do cruzamentos Carioca-MG x H-4, Carioca-MG x Pompadour e Carioca x FT-Tarumã. Nesses experimentos além da nota de porte foram avaliados os caracteres grau de ramificação, comprimento de entre-nós, diâmetro de entre-nós, altura de inserção da primeira vagem e peso de grãos por planta. Foram estimados os componentes de média e de variância e a herdabilidade ao nível de indivíduos. Posteriormente foram avaliadas famílias derivadas de plantas F_2 ou F_3 , conduzidas em bulk dos cruzamentos Carioca-MG x H-4, Carioca x FT-Tarumã e Carioca x Rio Tibagi. Em todos esses experimentos foi avaliada a nota de porte e para a maioria deles a produção de grãos (g/parcela). Foi estimada a variância genética e fenotípica entre médias das famílias, as

* Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho, Membros da Banca: Elaine Aparecida de Souza e Júlio Sílvio

herdabilidades utilizando os componentes de variância e a herdabilidade realizada. Constatou-se que entre os caracteres morfológicos associados ao porte do feijoeiro o comprimento dos entre-nós foi o que mostrou maior variação, havendo predominância do efeito aditivo no controle do caráter. A avaliação do porte por meio de notas utilizando plantas individuais revelou ser de baixa eficiência. Contudo, quando se utilizou famílias, apesar da acentuada influência do ambiente na expressão do caráter, as estimativas dos parâmetros genéticos evidenciaram a possibilidade de sucesso com a seleção, especialmente se esta for realizada após a avaliação em algumas gerações e/ou ambientes.

ABSTRACT

GENETIC CONTROL OF PLANT ARCHITECTURE IN COMMON BEAN

The upright architecture in the common bean has been required in new cultivars. So, this work was set up aiming to obtain more informations about the genetic control of traits related to architecture from August 1995 to July 1997 in the South and in the Alto São Francisco regions of Minas Gerais state. Firstly, individual plants of parents and of different generations of the crosses Carioca-MG x H-4, Carioca-MG x Pompadour and Carioca x FT-Tarumã were assessed based on the following traits related to architecture: architecture itself, branching, internode length, internode diameter, first pod height and grain yield per plant. The branching type and the architecture were graded according to a escale. The means and variance components and the heritability on individual base have been estimated. Families from F₂ or F₃ plants from the crosses: Carioca-MG x H-4, Carioca x FT-Tarumã and Carioca x Rio Tibagi have been evaluated in field experiments. In all experiments, families were assessed based on architecture grade, and most of them were also evaluated based on grain yield (g/plot). The genetic and phenotypic variances, the wide sense heritability and realized heritability have been estimated. The results showed that the internode length is the morfological trait that showed the greatest variation mainly due to additive effect. The architecture evaluation using individual plant grades had a small

efficiency. However, when that trait was evaluated considering family mean, despite the great environment effects, the genetic parameter estimates showed that the trait can be useful for selection, especially if the evaluation is based on some generations and/or environments.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nos últimos anos vem atraindo a atenção de empresários agrícolas, deixando de ser uma cultura de subsistência. Altas produtividades têm sido atingidas em muitas propriedades devido à práticas de irrigação, adubação balanceada, controle fitossanitário e uso de sementes de qualidade. Porém, a maioria das cultivares disponíveis apresentam arquitetura que dificulta a movimentação de implementos agrícolas utilizados na aplicação de fertilizantes e defensivos e sobretudo impossibilitam a colheita mecanizada.

A utilização de cultivares com porte ereto tem como vantagens: maior tolerância ao acamamento; reduz as perdas na colheita pois, as vagens estão inseridas em posição mais alta em relação ao nível do solo; reduz a ocorrência de algumas doenças como por exemplo mofo branco, facilita tratos culturais e possibilita a colheita mecanizada. Infelizmente, as cultivares disponíveis com arquitetura ereta possuem grãos pequenos que são de menor valorização no mercado. Por essa razão grande ênfase tem sido dada nos programas de melhoramento a obtenção de plantas que aliem a arquitetura da planta às demais características desejadas no feijoeiro, como alta produtividade, resistência a patógenos e pragas, tolerância a baixas temperaturas e principalmente aos grãos de maior aceitação comercial. A tendência é que novas cultivares apresentem o hábito de crescimento

tipo II com o porte o mais ereto possível e com maior tolerância ao acamamento. Desta forma espera-se que as cultivares mais modernas sejam fisiologicamente mais eficientes e principalmente reduzam os gastos com colheita, permitindo a colheita mecanizada e diminuam as perdas na colheita, pois o contato das vagens com o solo é menor em cultivares tolerantes ao acamamento, o que favorece a boa qualidade dos grãos. Porém, para a maior eficiência na busca de cultivares que associem o ideótipo para porte e às demais características de interesse no feijoeiro é necessário obter maiores informações sobre o controle genético das características relacionadas com o porte.

Nos programas de melhoramento do feijoeiro conduzidos no Brasil, a otimização da arquitetura da planta é sempre considerada como um dos objetivos mais relevantes, porém a insuficiência de informações sobre parâmetros genéticos que norteiem os melhoristas na busca do fenótipo ideal, vem sendo um entrave. Este trabalho visou esclarecer o comportamento genético das características relacionadas com o porte do feijoeiro objetivando o seu emprego em futuros trabalhos de melhoramento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morfologia da Planta

A arquitetura da planta do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é determinada por diversos aspectos morfológicos, tais como: hábito de crescimento, comprimento de entre-nós, diâmetro de entrenós e grau de ramificação. Estes atributos em conjunto contribuem para que a planta tenha um porte mais ereto ou mais prostrado. Desta forma, o bom conhecimento da morfologia do feijoeiro é fundamental no estudo da herança das características relacionadas com o porte do feijoeiro.

O feijoeiro comum é uma espécie muito polimórfica, havendo ampla diversidade para diversos caracteres, tais como hábito de crescimento, tamanho e cor de grãos e ciclo. A descrição das características morfológicas da planta objetiva identificar cultivares para uso em estudos genéticos e evolutivos e também para orientar a escolha de parentais nos programas de melhoramento (Vilhordo et al., 1996 e Santos e Gavilanes, 1997).

O efeito do ambiente na manifestação fenotípica varia com o caráter, havendo aqueles que são mais estáveis como cor de flor e cor de cotilédones, que são normalmente condicionados por um ou poucos genes. Por outro lado, há caracteres muito

influenciados pelo ambiente, portanto variáveis, entre eles a produção de grãos, número de dias para o florescimento e altura de plantas (Vilhordo et al., 1996).

No feijoeiro, a germinação inicia-se a partir da absorção de água pela semente que incha, rompendo a testa e crescendo para baixo, dando origem ao sistema radicular. O hipocótilo também se alonga, empurrando os cotilédones e o epicótilo para a superfície do solo. Após a emergência o hipocótilo assume a posição ereta e continua a crescer até atingir seu tamanho máximo. No ápice do epicótilo desenvolvem-se as folhas primárias que assumem posição horizontal (Vilhordo et al., 1996).

A radícula do feijoeiro cresce rapidamente dando origem a raiz principal ou primária. As raízes secundárias desenvolvem-se a partir do colo da raiz primária e também aparecem localizadas mais abaixo sobre a raiz principal. Lateralmente formam-se raízes terciárias sobre as secundárias e novas ramificações surgem sucessivamente. É observada a presença de pêlos absorventes nas partes jovens das ramificações com a função de aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes. A raiz principal é identificada das demais por possuir maior diâmetro e pela sua posição oposta ao caule (Vilhordo et al., 1996). O sistema radicular é semelhante ao fasciculado, mas a raiz primária não é uma pivotante típica (Santos e Gavilanes, 1997). O sistema radicular do feijoeiro pode chegar a mais de 1 metro de comprimento em condições favoráveis (Vilhordo et al., 1996). Porém a maioria das raízes se encontra nos primeiros 20 cm do solo. Essa grande concentração das raízes à superfície do solo pode provocar menor sustentação das plantas impedindo que essas fiquem eretas.

O feijoeiro é uma planta herbácea e seu caule é uma haste. O primeiro nó encontrado na parte aérea é o ponto de inserção dos cotilédones e o espaço entre ele e o ponto de inserção das raízes é o hipocótilo. O segundo nó é o ponto de inserção das folhas primárias e entre ele e o nó cotiledonar localiza-se o epicótilo (EPAGRI, 1992). Acima das folhas primárias desenvolve-se o caule do feijoeiro, cujo crescimento é de forma ascendente e dinâmico, originando uma sucessão de nós e entre-nós. Os nós são os pontos de inserção das folhas e os entre-nós são os espaços entre dois nós (Vilhordo et al., 1996). A disposição das folhas é dística, ou seja, as folhas se dispõem de forma alternada em duas fileiras com ângulo de divergência de 180° (Santos e Gavilanes, 1997). As ramificações da parte aérea se originam a partir do ponto de inserção dos cotilédones e também das gemas situadas nas axilas foliares (Vilhordo et al., 1996). As ramificações são encontradas no caule principal e também nos nós de alguns ramos laterais, aumentando desta forma o potencial de florescimento da planta. O diâmetro dos entre-nós das ramificações é geralmente menor do que o do caule principal.

Nas axilas foliares desenvolve-se um complexo constituído por três gemas, denominado tríade. Este complexo pode assumir funções distintas: completamente vegetativo, quando originam ramos; completamente floral, quando originam inflorescências ou floral e vegetativo, podendo neste caso desenvolver tanto ramos quanto inflorescência (Vilhordo et al., 1996 e Santos e Gavilanes, 1997).

As folhas do feijoeiro são de 2 tipos: simples, que são as folhas primárias já presentes no embrião que secam e caem antes que a planta esteja completamente desenvolvida (EPAGRI, 1992) e compostas que ficam inseridas nos nós do caule e nas

ramificações. As folhas compostas têm forma trifoliolada, longo-pecioladas com pulvínulo na base do pecíolo e com disposição alterna que é característica da espécie (Vilhordo et al., 1996). A planta com folhas mais eretas tem maior uniformidade de distribuição da energia solar por toda a área foliar e assim maior índice de absorção (Wallace, Ozburn e Munger, 1992). O tamanho dos folíolos, assim como a tonalidade das folhas depende da cultivar, embora o tamanho das folhas sofra influência de fatores ambientais (Santos e Gavilanes, 1997).

O cálice e a corola, assim como o ovário, são de natureza foliar (Ferri, 1984), desta forma cultivares com folhas maiores irão apresentar flores e sementes maiores do que aquelas com folhas menores; sendo difícil obter uma cultivar com folhas pequenas e sementes grandes. No entanto a correlação não é completa e há possibilidade de se obter qualquer tamanho de grãos independente do tamanho de folhas (Adams, 1973).

O fruto do feijoeiro é uma vagem ou legume com duas valvas e duas suturas. As vagens podem apresentar deiscência e por isto se classificam como tipo seco, quando as valvas podem se separar, o que é característico de cultivares para grão e em tipo coriáceo e tipo carnosos quando as valvas não se separam, sendo ambos encontrados em cultivares que produzem vagens para consumo quando imaturas (Santos e Gavilanes, 1997). O número de sementes por vagem também é função da cultivar com grande influência ambiental, variando de 4 a 7. As cultivares do grupo Manteigão apresentam menores números de sementes por vagem, apesar de terem legumes maiores (Vilhordo et al., 1996).

O ideótipo do feijoeiro é descrito por Adams (1973) como sendo aquele que tem haste forte, tanto na base quanto nas partes mais altas, para melhor sustentação das

vagens e folhas; diâmetro grosso do talo para permitir melhor transporte de água e nutrientes; raiz principal grossa, o que é indicado pelo hipocótilo, talo e base fortes e contribui para a resistência ao acamamento; o maior número de nós possível, de acordo com os requisitos de altura associados ao acamamento, hábito arbustivo e um só talo na haste principal com um número mínimo de ramos eretos de diâmetro grande e vigorosos, além de muitos nós e entrenós de comprimento médio na parte superior da planta.

2.1.1 Hábito de Crescimento

O feijoeiro tem dois hábitos de crescimento básicos: determinado e indeterminado. Para classificar uma cultivar quanto a estes hábitos é necessário apenas observar a disposição das inflorescências na planta. Outras características como comprimento de entre-nós, número de ramificações e aptidão trepadora, embora relacionadas com o porte, não são decisivas para separar as plantas de hábito determinado e indeterminado (Debouck, 1991).

O meristema apical das hastes principais e laterais de cultivares de hábito de crescimento determinado é abortado por competir fisiologicamente com uma inflorescência que se desenvolve a partir da axila da última folha (Santos e Gavilanes, 1997), desta forma as ramificações e o caule principal terminam numa inflorescência. No hábito determinado, quando a planta entra em floração, as gemas apicais do caule e ramificações diferenciam-se quase simultaneamente em inflorescências, neste ponto cessa o crescimento, ou seja, a fase vegetativa termina com o início da fase reprodutiva. Assim a floração tem um período curto

e a maturação é uniforme. O florescimento neste caso ocorre do ápice para a base, sendo denominado de basípeto (EPAGRI, 1992). O número de legumes por planta tende a ser menor nas cultivares de hábito determinado (Vilhordo, 1996).

Cultivares de hábito indeterminado têm a sua parte terminal do caule em crescimento vegetativo. A primeira inflorescência surge do quinto ao oitavo nó do caule principal e a partir daí surgem novas inflorescências sucessivamente nos nós seguintes. Após o florescimento a planta continua crescendo até que as condições não sejam mais favoráveis. Desta forma, em cultivares de hábito indeterminado, a fase vegetativa não termina com o início da fase reprodutiva que se torna mais longa. A abertura de flores se dá da base para o ápice, sendo assim acrópeta. O período de floração quando o hábito de crescimento é indeterminado é maior e a maturação dos frutos não é uniforme (EPAGRI, 1992).

Na classificação dos hábitos de crescimento, leva-se em consideração além dos hábitos básicos, o número de nós, o comprimento de entre-nós na haste principal, a intensidade de ramificações laterais e a habilidade trepadora da planta. As cultivares são classificadas nos seguintes grupos: Ia, Ib, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IVa e IVb (Singh, 1982; Debouck e Hidalgo, 1985 e Voysest e Dessert, 1991).

O tipo I caracteriza-se pelo hábito de crescimento determinado e arbustivo. As cultivares que se enquadram neste grupo e que possuem menor número de nós e entre-nós mais curtos são classificadas como tipo Ia. Quando tendem a acamar por possuírem maior número de entre-nós e por serem mais longos, se classificam como tipo Ib. Neste grupo estão as cultivares Manteigão Fosco 11, Goiano Precoce e Eriparsa.

Quando o hábito de crescimento é indeterminado e arbustivo as cultivares pertencem ao grupo IIa e quando o hábito é indeterminado e semi-trepador pertencem ao tipo IIb. A habilidade trepadora é muito influenciada pela luminosidade, umidade e fertilidade do solo. Neste grupo o número de nós na haste principal é maior que 12, as cultivares possuem guia curta e o número de hastes laterais tende a ser maior do que no tipo I. No tipo II encontramos as cultivares Carioca-MG, FT-Tarumã e Rio Tibagi.

No tipo IIIa o hábito de crescimento é indeterminado prostrado ou semi-trepador com tendência a arbustivo, caso as condições ambientais favoreçam. O tipo IIIb possui hábito de crescimento indeterminado prostrado ou trepador, neste caso o número de hastes laterais é menor do que no tipo IIIa. As plantas do tipo III são mais desenvolvidas de que as do tipo II por possuírem maior número de nós e comprimento médio de entre-nós ligeiramente maiores. Neste grupo encontram-se as cultivares Carioca, Aporé e Jalo que são de ampla utilização em Minas Gerais.

As cultivares do tipo IV têm grande capacidade trepadora, na haste principal têm cerca de 20 a 30 nós e podem ultrapassar a 2 m de comprimento, necessitando de tutoramento. O período de floração é mais amplo, chegando-se a observar flores se abrindo quando ainda existem vagens maduras. O tipo IVa é atribuído quando as vagens se distribuem por toda a planta e quando a concentração de vagens se dá na parte superior é caracterizado o tipo IVb.

A utilização de alguns parâmetros morfológicos para definir o hábito de crescimento do feijoeiro deve ser cautelosa. O número de nós na haste principal não é considerado bom parâmetro, pois no caule principal pode haver uma variação de 5 a 8 nós

nas plantas de hábito determinado e de 8 a 13 nós nas plantas de hábito indeterminado. O comprimento da guia não permite diferenciar cultivares dos grupos II e III. Devido a estas constatações e a influência ambiental atuante sobre estas características, Vilhordo et al. (1980) aconselha que para melhor descrição do hábito devem ser feitas várias observações em locais diferentes sob condições climáticas distintas.

Várias características morfológicas são utilizadas nos estudos que envolvem o porte do feijoeiro. A altura da planta na antese, o número de entre-nós na haste principal, o número de ramificações que se iniciam na haste central e a atribuição de notas para grau de ramificação e para o porte foram usados por Davis e Frazier (1966) no estudo da herança dos componentes do hábito de crescimento. Já Santos e Vencovsky (1986) enfatizaram o estudo do número de nós na haste principal, comprimento de entre-nós, altura da planta e altura da inserção da primeira vagem.

O porte é relacionado com o número de ramificações por planta, número de nós por ramo, número de nós na haste principal, comprimento da haste principal e comprimento de entre-nós na haste principal por Nienhuis e Singh (1986). Leakey (1988) indica que o tipo da planta depende do hábito ser determinado ou indeterminado, do comprimento dos entre-nós, da tendência da planta a ser trepadora e do número de nós como determinantes do porte da planta.

Com o objetivo de identificar características morfológicas que melhor definam a arquitetura da planta, Acquah, Adams e Kelly (1991) recomendam o uso da altura da planta, diâmetro do hipocótilo, ângulo de ramificação e distribuição de vagens na seção média da planta. Já a escala de hábitos de crescimento, variando de I a IV, o

comprimento da guia, a habilidade trepadora, o número de nós na haste principal e a altura da planta foram os parâmetros morfológicos usados por Kornegay, White e Cruz (1992) para estudar os efeitos do hábito de crescimento na produtividade do feijoeiro. Brothers e Kelly (1993) usaram o ângulo de ramificação, diâmetro do hipocótilo e altura da planta como parâmetros relacionados com o porte do feijoeiro. A utilização de notas também tem sido útil para classificar uma planta quanto a sua arquitetura (Collicchio, Ramalho e Abreu, 1997).

Visando identificar características que podem ser usadas em programas de melhoramento que buscam atingir um ideótipo para a arquitetura da planta, Acquah, Adams e Kelly (1992) relacionaram diversas características morfológicas do feijoeiro. Foi encontrada uma alta associação entre os comprimentos dos entre-nós das seções inferior, média e superior, portanto a alteração no comprimento dos entre-nós em uma destas porções acarretará na alteração do comprimento dos entre-nós das demais seções. A distribuição de vagens na parte mais baixa da planta pode ser manipulada independentemente das distribuições das vagens nas demais seções. O número de ramificações está associado ao diâmetro do hipocótilo, assim maiores diâmetros podem suportar mais ramificações. O número de ramificações e o ângulo destas, assim como o diâmetro e o comprimento do hipocótilo mostraram associações negativas. Desta forma, hipocótilos menores são mais finos e com o aumento do número de ramificações basais a inclinação dos ramos em relação a haste principal tende a aumentar. O número de vagens na haste principal é influenciada pelo ângulo de inclinação dos ramos. Quando há ramificações menos inclinadas, o número de vagens na haste principal tende a diminuir;

assim como quando há maior abertura nas ramificações, há um aumento no número de vagens na haste principal.

2.2 Controle genético de caracteres associados à arquitetura

Informações sobre o controle genético de características relacionadas com o porte são de interesse dos melhoristas que buscam o ideótipo, sendo que alguns trabalhos já foram realizados visando elucidar o comportamento genético de diversos caracteres que influenciam a arquitetura da planta do feijoeiro.

O crescimento terminal que separa as cultivares quanto aos hábitos determinado e indeterminado é controlado por 1 gene com dominância do alelo que condiciona o hábito indeterminado ao que condiciona o hábito determinado (Singh, 1991; Leakey, 1988; Coyne e Steadman, 1977, Miranda Colin, 1969). Existe uma ligação de 8,4 cM entre os alelos responsáveis pelo hábito determinado e o florescimento precoce. Porém Singh, Muñoz e Terán (1996) cruzando cultivares de hábito III com cultivares de hábito I encontraram na geração F₁ plantas de hábito determinado com 13 a 15 entre-nós na haste principal, ou seja, o hábito determinado mostrou-se dominante ao indeterminado. Essa dominância tem o potencial de ser usada para desenvolver cultivares mais altas, precoces, de hábito determinado com mais de 12 nós na haste principal.

Em cruzamentos entre linhagens de hábito determinado, Singh (1991) relata que o hábito prostrado foi completamente dominante ao hábito ereto e mostrou-se controlado por 1 gene e entre linhagens de hábito indeterminado a presença da habilidade trepadora foi dominante a sua ausência e mostrou-se controlada por 1 único gene ou por um sistema poligênico.

O cruzamento entre um parental de hábito determinado prostrado com um de porte baixo e determinado permitiu observar que a altura da planta e o hábito de crescimento são controlados por 2 genes epistáticos, com o hábito indeterminado e a planta alta sendo controlados por alelos dominantes. A planta alta foi dominante a baixa e sua expressão controlada por 1 gene ou por um sistema poligênico (Singh, 1991).

Os efeitos aditivos mostraram ser os preponderantes no controle genético do comprimento da haste principal e comprimento de entre-nós, ambos com alta herdabilidade e no número de entre-nós na haste principal e altura da inserção da primeira vagem (Santos e Vencovsky, 1986). Resultados que confirmam a importância dos efeitos aditivos no controle genético da altura da planta e comprimento de entre-nós foram obtidos por Detongnon e Baggett (1989), porém com ampla influência ambiental. A constatação da predominância dos efeitos aditivos encontrados nestes caracteres é útil para o melhorista, pois desta forma o comportamento médio das cultivares e populações segregantes é um indicador do potencial de cada genótipo (Santos e Vencovsky, 1986).

Ações gênicas aditivas e não aditivas mostraram influenciar o grau de ramificação juntamente com o efeito ambiental pronunciado (Davis e Frazier, 1966) e o comprimento do pedúnculo e do primeiro nó da inflorescência (Diniz, Santos e Ramalho, 1989).

As ações gênicas dominante e sobredominante foram relatadas para a altura da planta devido a ação multiplicativa entre comprimento de entre-nós e número de nós e para a altura de inserção da primeira vagem. O comprimento da haste mostrou-se controlado por um gene com modificadores. A heterose foi constatada para comprimento de entre-nós da haste principal, sendo o comprimento longo condicionado por alelo dominante, embora em alguns casos o comprimento curto tenha sido dominante. O número de nós, tanto na haste principal quanto na lateral, apresentou heterose (Singh, 1991).

Na soja, o ângulo de acamamento, notas atribuídas para o acamamento e a altura de planta mostraram ter variâncias genéticas de dominância superiores em relação às aditivas. Já o número de entre-nós mostrou em alguns casos maiores variâncias aditivas e em outros casos maiores variâncias de dominância (Kamikoga, 1989).

Ao estudar a herança da capacidade de ramificação em soja, Nelson (1996) classificou as plantas como muito ou pouco ramificadas. Encontrou na F_2 uma segregação de 9 plantas muito ramificadas para 7 pouco, sugerindo assim a presença de 2 genes controlando o caráter com epistasia do tipo recessiva dupla, ou seja, para que a planta seja altamente ramificada é necessário que tenha em ambos os locos alelos dominantes.

Procurando determinar se o hábito de crescimento afeta os componentes de produção em soja quando plantada mais tarde, Ouattara e Weaver (1995), relatam que plantas com o hábito de crescimento indeterminado apresentaram a primeira vagem inserida em posições mais altas do que em plantas com hábito determinado, porém a inserção da primeira vagem nas plantas de hábito determinado não foi baixa o suficiente para interferir na eficiência da colheita mecanizada. O hábito de crescimento não mostrou influência no grau de ramificação e no número total de sementes por planta. Foi notada uma interação significativa entre o hábito de crescimento e locais para o número de sementes por planta que se deveu a grande diferença entre as localidades avaliadas. Uma interação significativa encontrada entre o hábito de crescimento e local para as características associadas ao grau de ramificação e distribuição de vagens, tornou difícil de identificar quais os componentes da produção são importantes na sua relação com o hábito de crescimento (Ouattara e Weaver, 1995).

2.3 Correlação entre componentes da arquitetura e caracteres de importância do feijoeiro

Os caracteres morfológicos responsáveis pela arquitetura da planta do feijoeiro são poligênicos e estão associados a outras características de importância agrônômica e/ou econômica.

O número de nós na haste principal tem uma correlação positiva com o número de ramificações por parcela (Santos e Vencovsky, 1986 e Castoldi, 1991).

O hábito de crescimento mostrou-se associado a arquitetura das raízes em sementeira. As cultivares de hábito de crescimento tipo I apresentaram o sistema radicular mais vigoroso em sementeira, com maior número de raízes basais, meristemas e ramificações e apresentando maior comprimento, peso e índice de crescimento, o que é esperado, pois as cultivares do tipo I são precoces. O sistema radicular das cultivares do tipo II foi esparso e pouco ramificado. Já as cultivares do tipo III apresentaram numerosos meristemas, crescimento lateral com pouca dominância basal, ou seja, características análogas à parte aérea. Este tipo de conformação do sistema radicular faz com que haja maior exploração do solo, o que torna as cultivares com hábito III mais adaptadas a solos de baixa fertilidade de fósforo. O tipo IV tem sistema radicular com forte dominância apical, poucos meristemas e raízes mais profundas. A arquitetura das raízes e da parte aérea mostraram estarem associadas, assim o número e a distribuição de raízes estão associados a parte aérea e vice-versa (Lynch e von Beem, 1993).

Uma alta associação entre o hábito de crescimento e o tamanho da semente foi encontrada por Brothers e Kelly (1993), porém não foi encontrada correlação entre arquitetura e peso da semente, sugerindo que estas características não devam estar ligadas geneticamente. A ausência de ligação entre os genes responsáveis pelo hábito de crescimento e o tamanho da semente foi encontrada por Kornegay, White e Cruz (1992). Nienhuis e Singh (1986) correlacionaram a produtividade com os seguintes componentes da arquitetura: número de nós por ramo, número de nós por planta, número de nós na haste principal, comprimento da haste principal e comprimento dos entre-nós da haste principal. Ao relacionar a produtividade do feijoeiro às notas de porte, Collicchio, Ramalho e Abreu

(1997) não observaram correlação expressiva entre notas de porte e produção de grãos, porém foi observada uma correlação positiva entre peso de 100 sementes e produção de grãos e não foi encontrada associação entre nota do porte e peso de 100 sementes, indicando ser possível selecionar plantas eretas com qualquer tamanho de sementes.

A densidade de plantio é um fator ambiental de grande influência na arquitetura da planta do feijoeiro. Com o aumento da densidade populacional, Lemos, Fornasiere Filho e Pedroso (1993) observaram uma redução no número de ramos por planta e um aumento na altura de inserção da primeira vagem tanto para cultivares com hábito de crescimento II quanto III.

O mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), que é uma doença que ataca o feijoeiro, expandiu em algumas regiões do país, pois as condições de umidade e temperatura, fornecidas pela irrigação, no cultivo de inverno, favorecem a germinação dos escleródios do fungo e o desenvolvimento da epidemia, que além de reduzir o rendimento de grão, deprecia o produto. Maiores índices da doença foram encontradas em plantas de hábito indeterminado com crescimento vigoroso quando é usada alta densidade de plantio associada a irrigação excessiva (Sartorato e Rava, 1994). O mofo branco afetou com menor intensidade plantas de hábito indeterminado que mostraram-se resistentes ao acamamento (Hall, Pack e Phillips, 1993), portanto o porte ereto desfavorece o desenvolvimento do patógeno.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais

A condução das populações segregantes foram realizadas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e na fazenda experimental da Fundação de Apoio à Pesquisa (FAEPE) que se localizam no município de Lavras na região Sul do Estado de Minas Gerais a 21°12' de latitude Sul, 45°00' de longitude Oeste e a 910 m de altitude e na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Patos de Minas que fica localizada na região do Alto São Francisco a latitude de 18°35' S, longitude 46°31' W e a 856 m de altitude.

3.2 Material

As linhagens utilizadas na obtenção das populações segregantes e suas principais características estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Linhagens de feijão utilizadas e algumas de suas características.

Linhagem	Características			
	Origem ¹	Hábito de crescimento	Ciclo (dias)	Tipo de Grão
Carioca-MG	UFLA	II	90	pequeno e bege com estrias marrons
Carioca	IAC	III	90	pequeno e bege com estrias marrons
H-4	UFLA	III	90	pequeno e bege com estrias marrons
Pompadour	UFV	I	60 a 70	grande e bege com estrias roxas
FT-Tarumã	FT Pesquisa e Sementes	II	90	pequeno e preto
Rio Tibagi	IAPAR	II	90	pequeno e preto

¹ UFLA: Universidade Federal de Lavras, IAC: Instituto Agrônomo de Campinas, UFRV: Universidade Federal de Viçosa, IAPAR: Instituto Agrônomo do Paraná

3.3 Obtenção das populações segregantes

As sementes F_1 dos cruzamentos Carioca-MG x H-4, Carioca-MG x Pompadour, Carioca x FT-Tarumã e Carioca x Rio Tibagi foram obtidas em casa de vegetação em 1995 de acordo com a metodologia proposta por Ramalho, Santos e Zimmermann (1993). Também sob telado, seguindo a mesma metodologia e no mesmo ano foram obtidas as sementes RC_{11} e RC_{21} para cada um dos cruzamentos realizados e as sementes F_2 . Não foram obtidos recíprocos.

As sementes das seguintes gerações: F_3 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} para os cruzamentos Carioca-MG x H-4, Carioca-MG x Pompadour e Carioca x FT-Tarumã foram obtidas em condições de campo.

Os descendentes do cruzamento Carioca-MG x H-4 também foram conduzidos separadamente, através do método de bulk dentro de famílias derivadas de plantas F_2 e de plantas F_3 por duas gerações, sendo assim obtidas em 1996 sementes das famílias $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$ numa primeira geração em que se empregou o método bulk dentro de famílias e numa segunda geração realizada em 1996 foram obtidas sementes das famílias $F_{2:4}$ e $F_{3:5}$.

A partir do cruzamento Carioca x FT-Tarumã foram obtidas as sementes das famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$, $F_{2:3}RC_2$ e $F_{3:4}$ através do emprego do método bulk dentro de famílias na condução das populações segregantes.

Também pelo emprego do método bulk dentro de famílias foram obtidas as sementes das famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ utilizando os descendentes do cruzamento Carioca x Rio Tibagi.

3.4 Experimentos utilizando plantas individuais

Diversas gerações segregantes foram avaliadas nos experimentos 1 a 4 descritos a seguir.

Experimento 1: Na safra da seca de 1996 em Lavras foi conduzido um ensaio utilizando o delineamento de blocos casualizados com 2 repetições, onde foram avaliados os parentais e as gerações F_1 , F_2 , F_3 , RC_{11} , RC_{21} , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} do cruzamento Carioca-MG x H-4. Cada parcela experimental foi constituída de 2 linhas de 1 metro linear espaçadas de 0,50 m, com 15 sementes por metro linear. Cada repetição constou de 19 parcelas experimentais sendo 1 de cada parental, 1 da geração F_1 , 2 da RC_{11} , 2 da RC_{21} , 3 da F_2 , 3 da F_3 , 3 da F_2RC_{11} e 3 da F_2RC_{21} . Desta forma as gerações em que se encontra maior variabilidade estiveram representadas por um número maior de indivíduos. Logo após a colheita foram anotados os seguintes dados de cada planta individualmente:

Comprimento de 4º e 5º entre-nó - medido em cm.

Diâmetro do 4º entre-nó - com o auxílio do paquímetro foi medido o diâmetro em mm.

Experimento 2: na safra do outono inverno de 1996, em Patos de Minas, foi conduzido um experimento utilizando o delineamento de blocos casualizados com 3

repetições onde foram avaliados os parentais e as gerações F_1 , F_2 , F_3 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} do cruzamento Carioca-MG x H-4 . Cada parcela foi formada por 2 linhas de 1 metro linear espaçadas de 0,50 m com 15 sementes por metro linear. Em cada repetição foram utilizadas 1 parcela de cada parental e da F_1 e 3 parcelas de cada uma das demais gerações.

Experimentos 3 e 4: foram semelhantes ao experimento 2, porém conduzidos em Lavras na safra de inverno de 1996 as gerações segregantes foram provenientes do cruzamento Pompadour x Carioca-MG (experimento 3) e FT-Tarumã x Carioca (experimento 4). No experimento 4 não foi avaliada a geração F_2 .

Nos experimentos 2, 3 e 4 foram obtidos, para cada planta individualmente, os seguintes dados:

Nota para porte - de acordo com a escala utilizada por Collicchio (1995) apresentada na Tabela 2.

Nota para grau de ramificação - classificando como pouco ramificadas (nota 0) as plantas com até 3 ramificações basais e muito ramificadas as que apresentam mais de 3 ramificações basais (nota 1).

Comprimento do 4^o ao 7^o entre-nó - medido em cm.

Diâmetro do 5^o entre-nó - medido em mm com o auxílio do paquímetro.

Altura da inserção da primeira vagem - distância entre o colo da planta e o ápice da vagem mais baixa.

Peso de sementes - medido em balança de precisão.

Tabela 2: Escala para notas de porte.

Notas	Especificação
1	Hábito I ou II, planta ereta, com uma haste e com inserção alta das primeiras vagens.
2	Hábito I ou II, planta ereta, com guia curta.
3	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas ramificações.
4	Hábito I ou II, planta ereta, com algumas guias longas.
5	Hábito II ou III, planta ereta, com muitas ramificações e tendência à prostrada.
6	Hábito II ou III, planta semi-ereta, pouco prostrada.
7	Hábito III, planta semi-ereta, medianamente prostrada.
8	Hábito III, planta prostrada.
9	Hábito III, planta com entre-nós longos, muito prostrada.

3.4.1 Análise dos dados dos experimentos utilizando plantas individuais

Os dados obtidos, ao nível de plantas foram submetidas a análise de variância. O modelo estatístico empregado foi:

$$Y_{ijk} = m + b_j + t_i + p_{(k)i} + e_{ij}$$

Y_{ijk} : valor observado para a planta k , do tratamento i no bloco j

m : média geral

b_j : efeito do bloco j , ($j = 1, 2$; no experimento 1 e $j = 1, 2$ e 3 ; nos demais experimentos)

t_i : efeito do tratamento i , ($i = 1, \dots, 9$, no experimento 1; $i = 1, \dots, 7$, nos experimento 2 e 3 e $i = 1, \dots, 6$; no experimento 4)

$p_{(k)i}$: efeito da planta k dentro do tratamento i

e_{ij} : erro experimental associado a observação Y_{ijk}

Na Tabela 3 é apresentado o modelo da análise de variância para o experimento 1. Nos demais experimentos foi utilizado o mesmo procedimento variando apenas as gerações utilizadas.

Tabela 3: Esquema da análise de variância utilizada no experimento 1.

FV	QM	E(QM)
Blocos	Q_1	
Tratamentos	Q_2	$\sigma_e^2 + r \sigma_t^2$
Erro	Q_3	σ_e^2
Dentro P_1		$\sigma_d^2 P_1$
Dentro P_2		$\sigma_d^2 P_2$
Dentro F_1		$\sigma_d^2 F_1$
Dentro F_2		$\sigma_d^2 F_2$
Dentro F_3		$\sigma_d^2 F_3$
Dentro RC_{11}		$\sigma_d^2 RC_{11}$
Dentro RC_{21}		$\sigma_d^2 RC_{21}$
Dentro F_2RC_{11}		$\sigma_d^2 F_2RC_{11}$
Dentro F_2RC_{21}		$\sigma_d^2 F_2RC_{21}$

onde:

r : número de repetições

σ_t^2 : variância entre as gerações avaliadas

σ_e^2 : variância ambiental

$\sigma_d^2 P_1$: variância fenotípica dentro do Pai 1

$\sigma_d^2 P_2$: variância fenotípica dentro do Pai 2

$\sigma_d^2 F_1$: variância fenotípica dentro da F_1

$\sigma_d^2 F_2$: variância fenotípica dentro da F_2

$\sigma_d^2 F_3$: variância fenotípica dentro da F_3

$\sigma_d^2 RC_{11}$: variância fenotípica dentro do RC_{11}

$\sigma_d^2 RC_{21}$: variância fenotípica dentro do RC_{21}

$\sigma_d^2 F_2RC_{11}$: variância fenotípica dentro da F_2RC_{11}

$\sigma_d^2 F_2RC_{21}$: variância fenotípica dentro da F_2RC_{21}

3.4.2 Estimativas de parâmetros utilizando plantas individuais

A partir dos valores médios obtidos através das análises de variância foi aplicado o método proposto por Mather e Jinks (1984) que estima componentes de médias, para cada caráter relacionado com o porte avaliado. Sendo assim, foram estimados valores para os efeitos da média, aditivo, de dominância e das interações aditivo x aditivo, dominante x dominante e aditivo x dominante. No experimento 1 foi utilizada a seguinte matriz do modelo:

		m	a	d	a x a	d x d	a x d
C =	P ₁	1	1	0	1	0	0
	P ₂	1	-1	0	1	0	0
	F ₁	1	0	1	0	1	0
	F ₂	1	0	1/2	0	1/4	0
	F ₃	1	0	1/4	0	1/16	0
	RC ₁₁	1	-1/2	1/2	1/4	1/4	-1/4
	RC ₂₁	1	1/2	1/2	1/4	1/4	1/4
	F ₂ RC ₁₁	1	1/2	1/4	1/4	1/16	1/8
	F ₂ RC ₂₁	1	-1/2	1/4	1/4	1/16	-1/8

Os demais experimentos seguiram modelos semelhantes; variando de acordo com as gerações avaliadas.

O método dos quadrados mínimos ponderados para estimar os componentes de médias foi aplicado utilizando o programa MAPGEN¹. Para saber se de cada componente estimado diferiu de zero foi aplicado o teste “t” (Pimentel Gomes, 1990).

Foi calculado o coeficiente de determinação (R^2) utilizando as médias observadas e estimadas de cada geração para avaliar o ajustamento dos modelos empregados.

Foram estimados os componentes de variância, a partir das variâncias observadas entre plantas dentro de cada geração, utilizando o método proposto por Mather e Jinks (1984) com o auxílio do programa MAPGEN¹, que além de estimar os componentes fornece as estimativas de seus limites superior e inferior. A matriz do modelo empregada no experimento 1 foi a seguinte:

	σ_e^2	σ_A^2	σ_D^2
X = Pais e F ₁	1	0	0
F ₂	1	1	1
F ₃	1	1,5	0,75
F ₁ RC	2	1	2
F ₂ RC	2	2	1,5

Para os demais experimentos, as matrizes do modelo foram semelhantes, com pequenas variações que atendem ao conteúdo da variância nas gerações empregadas.

¹ Ferreira, D. F. MAPGEN. Lavras: UFLA, DEX, CP 37, CEP: 37.200-000

Para verificar o ajustamento do modelo, foi obtido o coeficiente de determinação (R^2) entre os valores observados e estimados através do modelo empregado utilizando cada geração avaliada.

A partir das variâncias observadas foram estimadas as herdabilidades no sentido restrito e seus erros padrão de acordo com as seguintes expressões:

No experimento 1:

$$\hat{h}_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\sigma_{F_2}^2}$$

$$\hat{s}(\hat{h}_r^2) = \left\{ 2 \left[\frac{1}{(\sigma_{F_2}^2)^2} \left(\frac{(\sigma_{RC_1}^2)^2}{GL_{RC_1} + 2} + \frac{(\sigma_{RC_2}^2)^2}{GL_{RC_2} + 2} \right) + \left(\frac{1}{GL_{F_2} + 2} \right) (2 - \hat{h}_r^2)^2 \right] \right\}^{1/2}$$

Nos experimentos 2 e 3:

$$\hat{h}_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\sigma_{F_2}^2}$$

$$\hat{s}(\hat{h}_r^2) = \left\{ 2 \left[\frac{1}{(\sigma_{F_2}^2)^2} \left(\frac{4(\sigma_{F_3}^2)^2}{GL_{F_3} + 2} + \frac{(\sigma_{F_2RC_1}^2)^2}{GL_{F_2RC_1} + 2} + \frac{(\sigma_{F_2RC_2}^2)^2}{GL_{F_2RC_2} + 2} \right) + \frac{1}{GL_{F_2} + 2} (\hat{h}_r^2)^2 \right] \right\}^{1/2}$$

No experimento 4:

$$\hat{h}_r^2 = \frac{1,5\hat{\sigma}_A^2}{\sigma_{F_3}^2}$$

$$\hat{s}(\hat{h}_r^2) = \left\{ \frac{9}{2} \left[\frac{1}{(\sigma_{F_3}^2)^2} \left(\frac{(\sigma_{F_2RC_1}^2)^2}{GL_{F_2RC_1} + 2} + \frac{(\sigma_{F_2RC_2}^2)^2}{GL_{F_2RC_2} + 2} \right) + \left(\frac{1}{GL_{F_3} + 2} \right) (2 - \hat{h}_r^2)^2 \right] \right\}^{1/2}$$

onde:

$\hat{\sigma}_A^2$: estimativa da variância aditiva

\hat{h}_r^2 : estimativa da herdabilidade no sentido restrito

$\sigma_{F_2}^2$: variância fenotípica na geração F_2

$\sigma_{RC_1}^2$: variância fenotípica na geração RC_1

$\sigma_{RC_2}^2$: variância fenotípica na geração RC_2

$\sigma_{F_3}^2$: variância fenotípica na geração F_3

$\sigma_{F_2RC_1}^2$: variância fenotípica na geração F_2RC_1

$\sigma_{F_2RC_2}^2$: variância fenotípica na geração F_2RC_2

GL_{F_2} : graus de liberdade na geração F_2

GL_{RC_1} : graus de liberdade na geração RC_1

GL_{RC_2} : graus de liberdade na geração RC_2

GL_{F_3} : graus de liberdade na geração F_3

$GL_{F_2RC_1}$: graus de liberdade na geração F_2RC_1

$GL_{F_2RC_2}$: graus de liberdade na geração F_2RC_2

3.4.3 Estimativas de correlações entre caracteres

A partir das variâncias e covariâncias fenotípicas estimadas ao nível de indivíduos foram obtidos os coeficientes de correlação entre os caracteres avaliados nos experimentos 2, 3 e 4 dois a dois pelo emprego da seguinte expressão:

$$r_{x,y} = \frac{C\hat{O}V_{X,Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_X^2 \hat{\sigma}_Y^2}}$$

sendo:

$r_{x,y}$: coeficiente de correlação fenotípica entre os caracteres X e Y

$C\hat{O}V_{x,y}$: Covariância fenotípica entre os caracteres X e Y

$\hat{\sigma}_X^2$: Variância fenotípica para o caráter X

$\hat{\sigma}_Y^2$: Variância fenotípica para o caráter Y

3.5 Experimentos empregando famílias segregantes

Utilizando as famílias de vários cruzamentos e em diferentes gerações foram conduzidos mais cinco experimentos além dos quatro já descritos anteriormente utilizando plantas individuais. Esses experimentos serão descritos a seguir.

Experimento 5: Foram avaliadas 107 famílias $F_{2:3}$ e 118 famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca-MG x H-4 em Lavras na safra de outono-inverno de 1996 utilizando um delineamento látice 15 x 15 com 2 repetições. Cada parcela foi formada por 1 linha de 1 metro com 15 sementes por metro. Foram incluídos 2 tratamentos adicionais, os parentais H-4 e Carioca-MG, em cada bloco do látice. Foram anotados os seguintes dados:

Nota para porte de acordo com a escala utilizada por Collicchio (1995) apresentada na Tabela 2.

Peso de sementes - obtido a nível de parcela

Experimento 6: Foram avaliadas 98 famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã juntamente com os parentais na safra da seca de 1997 em Lavras em um delineamento látice 10 x 10 com 3 repetições. Cada parcela foi composta de 1 linha de 1 metro com 15 sementes por metro. Neste experimento foi atribuída a nota para o porte, ao nível de parcela, de acordo com a Tabela 2 e obtido o peso de grãos de cada parcela.

Experimento 7: Neste caso os tratamentos foram a famílias $F_{2:4}$ ou $F_{3:5}$ obtidas a partir das famílias $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$ avaliadas no experimento 5. O delineamento experimental foi novamente um látice simples 15 x 15 mais os parentais como tratamentos adicionais (Carioca-MG e H-4). As parcelas foram constituídas de 1 linha de 1 metro com 15 sementes por metro. O experimento 7 foi conduzido em Lavras e também em Patos de Minas na safra da seca de 1997. Foram anotadas as notas de porte, a nível de parcela, seguindo a escala apresentada na Tabela 2 e também a produção de grãos em gramas por cada parcela.

Experimento 8: Foi conduzido na safra da seca de 1997 em Lavras. Adotou-se o delineamento de látice simples 14 x 14, onde foram avaliadas 64 famílias $F_{2:3}$, 64 famílias $F_{2:3}RC_1$, 64 famílias $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã e mais 4 testemunhas: Carioca-MG, Carioca, Rio Tibagi e Pérola. As parcelas foram formadas de 1 linha de 1 metro com 15 sementes por metro. O caráter considerado foi a nota de porte de acordo com a Tabela 2.

Experimento 9: Em Patos de Minas na seca de 1997 foi conduzido o experimento 9 que envolveu 64 famílias de cada uma das gerações $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$, $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x Rio Tibagi e 4 cultivares (Carioca-MG, Carioca, FT-Tarumã e

Pérola). O delineamento experimental utilizado foi um látice simples 14 x 14. Cada parcela foi constituída por uma linha de 1 metro com 15 sementes por metro. O caráter considerado foi a nota de porte de acordo com a Tabela 2.

3.5.1 Análise dos dados dos experimentos que empregaram famílias segregantes

Para a análise estatística dos experimentos que avaliaram famílias segregantes (experimentos 5 a 9) foi empregado o delineamento látice e a análise de variância foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + r_k + b_{j(k)} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i , no bloco j , dentro da repetição k

m : média geral

t_i : efeito do tratamento i (sendo $i = 1, \dots, 225$, para os experimentos 5 e 7, $i = 1, \dots, 100$, para o experimento 6 e $i = 1, \dots, 196$, para os experimentos 8 e 9)

r_k : efeito da repetição k , (sendo $k = 1, 2, 3$; para experimento 6 e $k = 1, 2$ nos demais experimentos com famílias segregantes)

$b_{j(k)}$: efeito do bloco j ($j = \sqrt{i}$) dentro da repetição k

e_{ijk} : erro experimental associado a observação Y_{ijk}

A Tabela 4 mostra o quadro de análise de variância utilizada no experimento 5. Para os demais experimentos foi utilizado o mesmo procedimento variando apenas as gerações empregadas.

Tabela 4. Esquema da análise de variância utilizada no experimento 5.

FV	QM	E(QM)
Repetições		
Tratamentos Ajustados		
Entre famílias F ₃ derivadas de plantas F ₂ (F _{2:3})	Q ₁	$\sigma_e^2 + r \sigma_{G2:3}^2$
Entre famílias F ₄ derivadas de plantas F ₃ (F _{3:4})	Q ₂	$\sigma_e^2 + r \sigma_{G3:4}^2$
F _{2:3} vs. F _{3:4}		
Erro efetivo	Q ₃	σ_e^2

onde:

r: número de repetições

$\sigma_{G2:3}^2$: variância genética entre famílias na geração F_{2:3}

$\sigma_{G3:4}^2$: variância genética entre famílias na geração F_{3:4}

σ_e^2 : variância do erro entre parcelas

Os dados obtidos nas famílias F_{2:4} e F_{3:5} do cruzamento Carioca-MG x H-4 em Patos de Minas e Lavras foram submetidos à análise de variância conjunta cujo esquema juntamente com a esperança dos quadrados médios, considerando o efeito das famílias aleatório, está apresentado na Tabela 5. Nesse caso foi empregado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = m + t_i + a_l + r_k + b_{j(kl)} + (ta)_{il} + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i, no bloco j, dentro da repetição k no local l

m: média geral

t_i : efeito do tratamento i ($i = 1, \dots, 225$)

a_l : efeito do local l ($l = 1, 2$)

r_k : efeito da repetição k ($k = 1, 2$)

$b_{j(kl)}$: efeito do bloco j dentro da repetição k dentro do local l ($j = 1, \dots, 15$)

$(ta)_{il}$: efeito da interação do tratamento i no local l

e_{ijkl} : erro experimental associado a observação Y_{ijkl}

Tabela 5. Esquema da análise de variância conjunta utilizada no experimento 7.

	FV	QM	E(QM)
Repetições/Local			
Local (L)			
Tratamentos Ajustados (T)			
Entre Famílias F_4 derivadas de plantas F_2 ($F_{2:4}$)		Q_4	$\sigma_e^2 + 2\sigma_{G2:4xL}^2 + 4\sigma_{G2:4}^2$
Entre Famílias F_5 derivadas de plantas F_3 ($F_{3:5}$)		Q_5	$\sigma_e^2 + 2\sigma_{G3:5xL}^2 + 4\sigma_{G3:5}^2$
$F_{2:4}$ vs. $F_{3:5}$			
T x L			
$F_{2:4} \times L$		Q_6	$\sigma_e^2 + 2\sigma_{G2:4xL}^2$
$F_{3:5} \times L$		Q_7	$\sigma_e^2 + 2\sigma_{G3:5xL}^2$
$(F_{2:4}$ vs. $F_{3:5}) \times L$			
Erro efetivo médio		Q_8	σ_e^2

onde:

$\sigma_{G2:4}^2$: variância genética entre famílias na geração $F_{2:4}$

$\sigma_{G3:5}^2$: variância genética entre famílias na geração $F_{3:5}$

$\sigma^2_{G2:4 \times L}$: variância da interação famílias $F_{2:4} \times$ locais

$\sigma^2_{G3:5 \times L}$: variância da interação famílias $F_{3:5} \times$ locais

σ^2_e : variância do erro entre parcelas médio.

3.5.2 Estimativas de parâmetros com o emprego de famílias segregantes

As esperanças matemáticas apresentadas na Tabelas 4 e 5 para experimentos

5 e 7 respectivamente, foram utilizadas para obter as seguintes estimativas:

a - Variância genética entre as famílias

$$\hat{\sigma}^2_{G_{2,3}} = \frac{Q_1 - Q_3}{r}$$

$$\hat{\sigma}^2_{G_{3,4}} = \frac{Q_2 - Q_3}{r}$$

b - Variância fenotípica entre médias das famílias

$$\hat{\sigma}^2_{F_{2,3}} = \frac{Q_1}{r}$$

$$\hat{\sigma}^2_{F_{3,4}} = \frac{Q_2}{r}$$

c - Variância genética entre médias das famílias na análise conjunta

$$\hat{\sigma}^2_{G_{2,4}} = \frac{Q_4 - Q_6}{4}$$

$$\hat{\sigma}^2_{G_{3,5}} = \frac{Q_5 - Q_7}{4}$$

d - Variância da interação famílias x locais

$$\hat{\sigma}_{G_{2,4} \times L}^2 = \frac{Q_6 - Q_8}{2}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{3,5} \times L}^2 = \frac{Q_7 - Q_8}{2}$$

e - Variância fenotípica entre médias das famílias na análise conjunta

$$\hat{\sigma}_{F_{2,4}}^2 = \frac{Q_4}{4}$$

$$\hat{\sigma}_{F_{3,5}}^2 = \frac{Q_5}{4}$$

A herdabilidade no sentido amplo foi estimada no experimento 5 com o emprego dos componentes de variância através das seguintes expressões (Vencovsky e Barriga, 1992 e Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993):

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G_{2,3}}^2}{\hat{\sigma}_{F_{2,3}}^2}$$

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_{G_{3,4}}^2}{\hat{\sigma}_{F_{3,4}}^2}$$

Os erros padrão associados às estimativas das herdabilidades no sentido amplo foram calculados pela seguinte equação (Vello e Vencovsky, 1974):

$$s(\hat{h}_a^2) = \left(\frac{2}{GL_1 + 2} + \frac{2}{GL_2 + 2} \right)^{1/2} (1 - \hat{h}_a^2)$$

sendo:

GL₁: grau de liberdade das famílias

GL₂: grau de liberdade do erro

Nos demais experimentos as estimativas das variâncias fenotípica e genética, herdabilidade e seu erro padrão associados foram obtidas de forma análoga.

A herdabilidade realizada ($h_{r,i+1}^2$) foi estimada segundo o procedimento apresentado por Fehr (1987) e por Ramalho, Santos e Zimmermann (1993) de acordo com a seguinte expressão:

$$h_{r,i+1}^2 = \frac{GS_{i+1}/m_{i+1}}{ds_i/m_i}$$

onde:

GS_{i+1} : ganho com a seleção na geração dos descendentes (geração $i + 1$) que foram identificados na anterior do pai (geração i), isto é, a média na geração $i + 1$ dos indivíduos selecionados na geração i , menos a média geral dos indivíduos da geração $i + 1$.

ds_i : diferencial de seleção na geração i , isto é, a média das famílias selecionadas na geração i menos a média geral.

m_i e m_{i+1} : as médias das famílias nas gerações i e $i + 1$, respectivamente.

Foram estimadas as herdabilidades realizadas, considerando 10 % de seleção, entre os experimentos 5, que avalia as gerações $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$ e o 7 que avalia essas famílias após uma geração de autofecundação, ou seja, as famílias $F_{2:4}$ e $F_{3:5}$; avaliadas em Patos de Minas e Lavras. Como as famílias $F_{2:4}$ e $F_{3:5}$ foram avaliadas simultaneamente em Lavras e Patos de Minas foi também estimada a herdabilidade realizada, com intensidade de seleção de 10 % simulando a seleção em Lavras e Patos de Minas. A partir das notas de porte das plantas F_3 utilizadas para dar origem às famílias $F_{3:4}$ avaliadas no experimento 6, também foi estimada a herdabilidade realizada com índice de seleção de 15 %.

3.5.3 Estimativa dos coeficientes de correlação genética e fenotípica

Os coeficientes de correlação entre a nota de porte e a produtividade de grãos das famílias foram obtidos conforme a metodologia empregada por Geraldi (1977). Para isso foi efetuada a análise de variância para cada caráter e para a soma deles, utilizando todas as famílias avaliadas em cada experimento sem considerar a sua geração. A Tabela 6 mostra os produtos médios e suas esperanças matemáticas.

Tabela 6: Modelo da análise de variância dos caracteres X e Y e da sua soma e esperança matemática dos produtos médios utilizados na análise desses de caracteres.

FV	QM _x	QM _y	QM _(x+y)	PM _(x+y)	E(PM)
Famílias	Q _{1x}	Q _{1y}	Q _{1(x+y)}	PM ₁ = ½ (Q _{1(x+y)} - Q _{1x} - Q _{1y})	COV _{e(x,y)} + r COV _{F(X,Y)}
Erro	Q _{2x}	Q _{2y}	Q _{2(x+y)}	PM ₂ = ½ (Q _{2(x+y)} - Q _{2x} - Q _{2y})	COV _{e(X,Y)}

Com base nas esperanças dos produtos médios foram estimadas as covariâncias fenotípicas e genéticas entre a nota de porte e a produtividade nos experimentos 5, 6 e 7, seguindo as expressões:

$$\hat{COV}_{\bar{F}(x,y)} = \frac{PM_1}{r}$$

$$\hat{COV}_{G(x,y)} = \frac{PM_1 - PM_2}{r}$$

onde:

$\hat{COV}_{\bar{F}(x,y)}$: covariância fenotípica entre os caracteres X e Y

$\widehat{COV}_{G(x,y)}$: covariância genética entre os caracteres X e Y

r: número de repetições em cada experimento

Utilizando as estimativas de covariância e também as de variância, foram obtidos os coeficientes de correlação empregando as seguintes expressões (Vencovsky e Barriga, 1992 e Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993):

$$r_{\bar{F}(x,y)} = \frac{\widehat{COV}_{\bar{F}(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}_x}^2 \hat{\sigma}_{\bar{F}_y}^2}}$$

$$r_{G(x,y)} = \frac{\widehat{COV}_{G(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{G_x}^2 \hat{\sigma}_{G_y}^2}}$$

sendo:

$r_{\bar{F}(x,y)}$: coeficiente de correlação fenotípica entre os caracteres X e Y

$\widehat{COV}_{\bar{F}(x,y)}$: covariância fenotípica entre os caracteres X e Y

$\hat{\sigma}_{\bar{F}_x}^2$: variância fenotípica do caráter X

$\hat{\sigma}_{\bar{F}_y}^2$: variância fenotípica do caráter Y

$r_{G(x,y)}$: coeficiente de correlação genética entre os caracteres X e Y

$\widehat{COV}_{G(x,y)}$: covariância genética entre os caracteres X e Y

$\hat{\sigma}_{G_x}^2$: variância genética do caráter X

$\hat{\sigma}_{G_y}^2$: variância genética do caráter Y

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação de caracteres em plantas individuais

No experimento conduzido na seca de 1996, onde foram considerados o comprimento do 4º e 5º entre-nó e o diâmetro do 4º entre-nó (Tabela 7), constatou-se que o modelo utilizado para o primeiro caráter não foi suficiente para explicar as variações observadas, pois a estimativa de R^2 foi inferior a 0,50. Mesmo quando se considerou os efeitos epistáticos ou quando os dados foram transformados não houve melhoria no ajuste dos valores observados e os esperados no modelo utilizado. Vale ressaltar que a variação entre os genitores nesse caso foi muito pequena e provavelmente essa pequena variação não possibilitou um melhor ajustamento. Quanto ao diâmetro do 4º entre-nó foram observados os efeitos aditivos e da interação aditivo x aditivo.

Já nos componentes de variância, o ajustamento do modelo foi bom tanto para o comprimento do 4º e 5º entre-nó quanto para o diâmetro do 4º entre-nó (Tabela 8). Ambos os caracteres mostraram-se influenciados pela variância aditiva e para o diâmetro do 4º entre-nó a variância de dominância também esteve presente e predominante à aditiva, discordando dos resultados obtidos nos componentes de médias, onde não foram observados efeitos de dominância para o diâmetro do 4º entre-nó. As herdabilidades

estimadas para ambos os caracteres avaliados foram baixas e com erros associados superiores às estimativas.

Na safra do inverno de 1996, onde foram avaliados outros caracteres além dos dois já comentados anteriormente (Tabela 9), constata-se que o ajustamento do modelo genético de médias já foi bem superior ao da avaliação anterior, exceto para o caráter diâmetro do 5º entre-nó que se mostrou com pequena variação entre os genitores.

Para os caracteres grau de ramificação, comprimento do 4º ao 7º entre-nó e nota de porte a estimativa do componente aditivo (a) foi significativamente diferente de zero, indicando para esses caracteres a predominância do efeito aditivo. No caso do grau de ramificação, além do componente aditivo, também o componente da interação aditivo x aditivo foi significativamente diferente de zero.

Os resultados relativos as estimativas dos componentes de variância para o experimento de Patos de Minas no inverno de 1996 estão apresentados na Tabela 10. Vale ressaltar que nesse caso o ajustamento do modelo foi bom, estimativa de R^2 superior a 0,91, exceto para o comprimento do 4º ao 7º entre-nó onde R^2 foi de 0,11. Considerando os valores dos limites de confiança, constata-se que a estimativa da variância genética aditiva foi diferente de zero para os caracteres: comprimento do 4º ao 7º entre-nó, diâmetro do 5º entre-nó e nota de porte. Também nesse caso, as estimativas das herdabilidades foram baixas e com erros associados superiores às estimativas obtidas.

No experimento conduzido na safra do inverno de 1996 onde foram avaliadas populações do cruzamento Carioca-MG x Pompadour (Tabela 11), os ajustamentos obtidos para os modelos genéticos de médias foram elevados, R^2 superiores a 0,79 para os

caracteres grau de ramificação, comprimento do 4º ao 7º entre-nó, diâmetro do 5º entre-nó, nota de porte e altura de inserção da primeira vagem. A estimativa do componente aditivo (a) foi significativamente diferente de zero para o comprimento do 4º ao 7º entre-nó, diâmetro do 5º entre-nó e altura de inserção da primeira vagem, indicando a predominância do efeito aditivo para esses caracteres. A interação epistática aditivo x aditivo foi significativamente diferente de zero para o grau de ramificação e para a nota do porte.

As estimativas dos componentes de variância para o experimento que avaliou as populações do cruzamento Carioca-MG x Pompadour mostram a predominância da variância aditiva para os caracteres avaliados, sendo que apenas a altura de inserção da primeira vagem apresentou variância de dominância diferente de zero (Tabela 12). O ajustamento do modelo testado para os componentes de variância apresentou valores altos, R^2 variando de 0,97 para a nota de porte a 0,99 para grau de ramificação, diâmetro do 5º entre-nó e altura de inserção da primeira vagem. As estimativas da herdabilidade no sentido restrito para os caracteres comprimento de 4º ao 7º entre-nó e nota de porte foram de magnitude bem superior aos demais caracteres. É oportuno observar que para os demais caracteres as estimativas foram baixas e com erros associados superiores a estimativa obtida.

Os modelos genéticos testados para explicar a variação encontrada entre populações do cruzamento Carioca-MG x FT-Tarumã avaliadas no inverno de 1996 (Tabela 13), mostraram um bom ajustamento entre os valores observados e estimados, a estimativa do R^2 superior a 0,60 e a 0,99, para os componentes de médias e de variância respectivamente. Nas estimativas obtidas para os componentes de médias pode ser observada a presença do efeito aditivo para todos os caracteres exceto para o grau de

ramificação. O diâmetro do 5º entre-nó, além do efeito aditivo, mostrou a presença dos efeitos de dominância e da interação dominante x dominante.

As estimativas dos componentes de variância obtidas a partir das populações do cruzamento Carioca x FT-Tarumã (Tabela 14) sugerem que apenas a variância aditiva está presente para o comprimento do 4º ao 7º entre-nó, diâmetro do 5º entre-nó e altura de inserção da primeira vagem. Já variância de dominância foi observada para o grau de ramificação e nota de porte. Também nesse caso o caráter comprimento do 4º ao 7º entre-nó apresentou alta estimativa da herdabilidade. Já para os caracteres diâmetro do 5º entre-nó e altura da inserção da primeira vagem, as estimativas da herdabilidade foram de pequena magnitude e associadas a erros elevados.

Tabela 7. Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliadas na safra da seca de 1996 em Lavras (Experimento 1).

Populações	Média do Caráter	
	Comprimento do 4 ^o e 5 ^o entre-nó	Diâmetro do 4 ^o entre-nó
Carioca-MG (P ₁)	7,293	5,825
H-4 (P ₂)	6,483	5,115
F ₁	6,739	5,950
F ₂	6,739	6,217
F ₃	6,739	5,993
RC ₁₁	6,979	5,945
RC ₂₁	6,574	5,718
F ₂ RC ₁₁	6,979	5,935
F ₂ RC ₂₁	6,574	5,580
Componentes de Médias		
m	6,739** (0,197) ¹	6,000** (0,053)
a	0,405 (0,482)	0,319** (0,084)
aa	0,149 (0,482)	- 0,605* (0,137)
R ²	0,46	0,89

¹ Erro padrão da estimativa

* Significativo ao nível de 5 %

** Significativo ao nível de 1 %

Tabela 8. Variâncias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de variâncias genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliado na safra da seca de 1996 em Lavras (Experimento 1).

Populações	Variância do Caráter	
	Comprimento do 4º e 5º entre-nó	Diâmetro do 4º entre-nó
Carioca-MG (P ₁)	2,474	1,375
H-4 (P ₂)	1,899	0,710
F ₁	2,132	0,831
F ₂	2,907	1,201
F ₃	3,022	1,047
RC ₁₁	1,975	0,921
RC ₂₁	2,700	1,254
F ₂ RC ₁₁	2,723	1,316
F ₂ RC ₂₁	2,325	1,078
Componentes de variâncias		
σ^2_E	2,124 (1,715 ; 2,701) ¹	0,946 (0,763; 1,202)
σ^2_A	0,576 (0,115 ; 586,993)	0,046 (0,021; 0,168)
σ^2_D	- 0,041 (-0,022 ; - 0,107)	0,172 (0,116; 0,284)
h^2_r	0,1981 (0,2736) ²	0,0383 (0,3015)
R ²	0,99	0,98

¹ Limite inferior e superior da estimativa

² Erro padrão da estimativa

Tabela 9. Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliadas na safra de inverno de 1996 em Patos de Minas (Experimento 2).

Populações	Grau de Ramificação	Média do		Caráter	
		Comprimento do 4 ^o ao 7 ^o entre-nó	Diâmetro do 5 ^o entre-nó	Nota de Porte	Altura de Inserção da 1 ^a vagem
Carioca-MG (P ₁)	0,234	10,919	4,233	4,539	2,828
H-4 (P ₂)	0,533	7,713	4,401	5,928	2,716
F ₁	0,433	10,383	4,306	5,944	4,825
F ₂	0,334	11,437	4,284	5,842	5,004
F ₃	0,301	10,388	4,297	5,109	3,275
F ₂ RC ₁₁	0,260	10,451	4,410	5,229	3,695
F ₂ RC ₂₁	0,458	9,672	4,531	6,060	4,648
Componentes de Médias					
m	0,273**(0,028) ¹	10,550**(0,258)	4,375* (0,056)	3,913* (0,561)	2,685**(0,394)
a	-0,168**(0,021)	1,175**(0,384)	-0,094 (0,080)	-0,746* (0,138)	-
d	0,150 (0,059)	-	-	6,168 (2,116)	5,787** (2,145)
aa	0,124*(0,042)	-1,342 (0,656)	-0,001 (0,122)	1,396 (0,587)	-
dd	-	-	-	-4,176 (1,636)	-3,565 (2,095)
R ²	0,97	0,86	0,34	0,97	0,80

¹ Erro padrão da estimativa

* Significativo ao nível de 5 %

** Significativo ao nível de 1 %

Tabela 10. Variâncias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de variâncias genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliado na safra de inverno de 1996 em Patos de Minas (Experimento 2).

Populações	Variância do Caráter				
	Grau de Ramificação	Comprimento de 4 ^o ao 7 ^o entre-nó	Diâmetro do 5 ^o entre-nó	Nota de Porte	Altura de Inserção da 1 ^a vagem
Carioca-MG (P ₁)	0,241	5,755	0,377	2,912	4,835
H-4 (P ₂)	0,185	4,515	0,516	2,673	4,550
F ₁	0,249	3,225	0,644	2,483	6,920
F ₂	0,215	9,228	0,788	3,538	13,632
F ₃	0,214	7,083	0,698	3,250	10,597
F ₂ RC ₁₁	0,249	3,095	0,503	2,962	11,516
F ₂ RC ₂₁	0,192	3,928	0,629	2,949	5,931
Componentes de Variâncias					
σ^2_E	0,232 (0,171 ; 0,331) ¹	3,371 (2,726 ; 5,366)	0,536 (0,396 ; 0,765)	2,651 (1,964 ; 3,775)	5,606 (4,086 ; 8,170)
σ^2_A	-0,008 (-0,002 ; -8,227)	0,089 (0,018 ; 90,751)	0,090 (0,029 ; 1,251)	0,425 (0,115 ; 16,797)	-
σ^2_D	-	1,936 (0,621; 26,912)	-	-	5,539 (4,156 ; 7,753)
h^2_r	-	0,0096(0,1560) ²	0,1142 (0,1941)	0,1201 (0,2065)	-
R^2	1,00	0,11	0,91	0,97	0,91

¹ Limite inferior e superior da estimativa

² Erro padrão da estimativa

Tabela 11. Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca-MG x Pompadour avaliadas na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 3).

Populações	Grau de Ramificação	Média do Caráter			
		Comprimento do 4 ^o ao 7 ^o entre-nó	Diâmetro do 5 ^o entre-nó	Nota de Porte	Altura de Inserção da 1 ^a vagem
Carioca-MG (P ₁)	0,320	10,623	4,687	2,757	2,197
Pompadour (P ₂)	0,454	18,874	3,720	3,080	5,269
F ₁	0,465	12,295	3,898	3,965	5,643
F ₂	0,572	16,600	4,088	3,704	4,722
F ₃	0,569	17,989	4,168	3,817	5,115
F ₂ RC ₁₁	0,534	13,361	4,377	2,998	3,561
F ₂ RC ₂₁	0,564	21,985	3,685	3,527	5,663
Componentes de Médias					
m	0,631**(0,031) ¹	20,428**(2,089)	4,107* (0,045)	3,614**(0,130)	4,117** (0,253)
a	-0,052 (0,020)	- 5,228* (1,129)	0,504**(0,078)	-0,338 (0,171)	-1,848**(0,279)
d	- 0,142 (0,069)	- 7,927 (4,271)	-	-	1,680 (0,685)
aa	- 0,234* (0,044)	-4,960 (2,540)	-	-0,831* (0,263)	-
R ²	0,95	0,90	0,88	0,79	0,91

¹ Erro padrão da estimativa

* Significativo ao nível de 5 %

** Significativo ao nível de 1 %

Tabela 12. Variâncias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de variâncias genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca-MG x Pompadour avaliado na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 3).

Populações	Grau de Ramificação	Variância do Caráter			
		Comprimento do 4 ^o ao 7 ^o entre-nó	Diâmetro do 5 ^o entre-nó	Nota de Porte	Altura de Inserção da 1 ^a vagem
Carioca-MG (P ₁)	0,226	4,722	0,670	1,894	3,098
Pompadour (P ₂)	0,157	18,234	0,261	0,949	12,803
F ₁	0,232	19,925	0,713	2,290	10,609
F ₂	0,242	28,627	0,671	2,209	14,037
F ₃	0,226	36,839	0,780	3,113	13,578
F ₂ RC ₁₁	0,204	21,643	0,719	1,415	7,745
F ₂ RC ₂₁	0,199	30,100	0,874	2,745	16,046
Componentes de Variâncias					
σ^2_E	0,209 (0,175 ; 0,254) ¹	15,397 (12,607;19,238)	0,598 (0,467 ; 0,735)	1,812 (1,501 ; 2,232)	9,162 (7,591 ; 11,279)
σ^2_A	0,008 (0,002 ; 7,843)	12,337 (10,573;15,585)	0,143 (0,099 ; 0,226)	1,208 (0,846 ; 1,867)	1,121 (0,223;1141,816)
σ^2_D	-	-	-	-0,980 (-0,598 ; -1,897)	3,005 (1,171 ; 18,079)
h^2_r	0,0330(0,2188) ²	0,4310 (0,2891)	0,2131 (0,2852)	0,5468 (0,2852)	0,0862 (0,2296)
R ²	0,99	0,98	0,99	0,97	0,99

¹ Limite inferior e superior da estimativa

² Erro padrão da estimativa

Tabela 13. Médias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de médias para algumas características do porte obtidas no cruzamento Carioca x FT-Tarumã avaliadas na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 4).

Populações	Grau de Ramificação	Média do Caráter			
		Comprimento do 4º ao 7º entre-nó	Diâmetro do 5º entre-nó	Nota de Porte	Altura de Inserção da 1ª vagem
Carioca (P ₁)	0,366	10,728	4,516	5,158	5,375
FT-Tarumã (P ₂)	0,158	9,171	5,286	2,260	6,293
F ₁	0,286	9,696	5,075	3,404	5,460
F ₃	0,313	10,356	5,222	3,284	5,746
F ₂ RC ₁₁	0,360	11,445	5,005	4,320	5,500
F ₂ RC ₂₁	0,345	10,236	5,393	3,571	6,216
Componentes de Médias					
m	0,346**(0,031) ¹	10,449**(0,219)	4,901** (0,017)	3,647** (0,173)	5,881** (0,093)
a	0,071 (0,041)	1,044* (0,360)	-0,386**(0,013)	1,243** (0,265)	-0,880* (0,107)
d	-	-	1,574** (0,095)	-	-0,319 (0,276)
aa	-0,085 (0,065)	-	-	-	-
dd	-	-	-1,399**(0,085)	-	-
R ²	0,68	0,60	1,00	0,88	0,94

¹ Erro padrão da estimativa

* Significativo ao nível de 5 %

** Significativo ao nível de 1 %

Tabela 14. Variâncias das populações avaliadas e estimativas dos componentes de variâncias genética e ambiental para algumas características do porte do feijoeiro obtidas no cruzamento Carioca x FT-Tarumã avaliado na safra de inverno de 1996 em Lavras (Experimento 4).

Populações	Grau de Ramificação	Variância do Caráter			
		Comprimento do 4º ao 7º entre-nó	Diâmetro do 5º entre-nó	Nota de Porte	Altura de Inserção da 1ª vagem
Carioca (P ₁)	0,237	10,420	1,294	4,963	18,254
FT-Tarumã (P ₂)	0,130	4,116	1,233	1,043	12,223
F ₁	0,202	4,295	0,723	3,431	15,771
F ₃	0,212	10,168	1,079	2,891	17,390
F ₂ RC ₁₁	0,209	12,212	1,134	3,298	19,026
F ₂ RC ₂₁	0,215	6,449	1,243	3,623	15,267
		Componentes de Variâncias			
σ^2_E	0,193 (0,158 ; 0,241) ¹	5,859 (4,749 ; 7,412)	1,030 (0,846 ; 1,282)	3,217 (2,631 ; 4,025)	15,610 (12,820;19,424)
σ^2_A	-	3,210 (2,553 ; 4,159)	0,096 (0,037 ; 0,574)	-	1,363 (0,489 ; 11,252)
σ^2_D	0,026 (0,008 ; 0,355)	-	-	0,079 (0,016 ; 80,544)	-
h^2_r	-	0,4735 (0,3347) ²	0,1334 (0,3923)	-	0,1176 (0,3818)
R ²	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00

¹ Limite inferior e superior da estimativa

² Erro padrão da estimativa

4.2 Avaliação do porte com emprego de famílias segregantes

A análise de variância das notas de porte das famílias $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca-MG x H-4 é apresentada na Tabela 15. Detectou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as famílias avaliadas. A existência de variação entre as famílias avaliadas pode também ser constatada na distribuição de frequência observada na Figura 1. Chama atenção o fato que apesar dos parentais não terem recebido notas muito discrepantes, Carioca-MG nota 5,0 e H-4, 5,8, as notas das famílias $F_{2:3}$ ficaram no intervalo de 2,2 a 8,8 sendo a média de 5,0. Já nas famílias $F_{3:4}$ a nota foi mais elevada, 5,5, e as notas variaram de 2,8 a 8,2.

Foi detectada diferença altamente significativa para o contraste $F_{2:3}$ vs. $F_{3:4}$. Como já foi mencionado a média da $F_{3:4}$ foi de 5,5 e da $F_{2:3}$ de 5,0, indicando em princípio a presença de dominância no sentido de redução da nota de porte, isto é, condicionando plantas mais eretas.

A existência da variação entre as famílias é comprovada também pelas estimativas da variância genética e herdabilidade. É expressivo o fato de que a estimativa da herdabilidade entre as famílias $F_{2:3}$ seja superior a observada entre as famílias $F_{3:4}$, embora como já comentado, no gráfico a diferença na amplitude de variação das famílias não seja muito acentuada. Inclusive se forem considerados os erros das estimativas da herdabilidade, elas foram semelhantes.

A Tabela 16 apresenta a análise de variância conjunta das notas de porte das famílias $F_{2:4}$ e $F_{3:5}$ avaliadas em Patos de Minas e Lavras na seca de 1997. Foi observada diferença altamente significativa ($P \leq 0,01$) entre os locais utilizados. As famílias avaliadas também diferiram significativamente ($P \leq 0,01$). A presença da variação entre as famílias pode ser observada nas figuras 2 e 3 que mostram a distribuição de frequências das médias das notas de porte em Patos de Minas e em Lavras, respectivamente. Em Patos de Minas foi observada uma menor variação nas notas de porte, 2,2 a 5,8 nas famílias $F_{2:4}$ e 2,2 a 4,8 nas famílias $F_{3:5}$, do que em Lavras, onde as famílias $F_{2:4}$ tiveram notas variando de 2,2 a 6,8 e nas famílias $F_{3:5}$ as notas variaram de 2,2 a 6,2. Na avaliação conjunta da seca de 1997, o contraste $F_{2:4}$ vs. $F_{3:5}$ não foi significativo.

Houve coincidência no desempenho das famílias nos dois ambientes, o que é comprovado pela não significância da interação tratamentos x locais. Apenas as famílias $F_{3:5}$ interagiram com o ambiente, porém essa interação só foi detectada ao nível de apenas 5 % de probabilidade.

Novamente a estimativa da herdabilidade foi ligeiramente superior na $F_{2:4}$ considerando, contudo, as estimativas da herdabilidade nota-se que elas podem ser consideradas semelhantes.

A análise de variância das notas de porte das famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã é apresentada na Tabela 17. Foram detectadas diferenças altamente significativas entre as fontes de variação exceto no contraste Testemunhas vs. Gerações. As estimativas das variâncias genética dos diferentes tipos de famílias, assim como suas estimativas de herdabilidade comprovam a existência da variação

entre elas. É oportuno salientar que as estimativas da herdabilidade foram semelhantes nas gerações avaliadas, também é interessante notar que os baixos erros associados à herdabilidade mostram a boa precisão dessas estimativas.

A figura 4 apresenta a distribuição de frequência das médias das notas de porte nas famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã. É notório a grande divergência entre os parentais quanto a nota de porte e a amplitude nas notas de porte das famílias empregadas nesse cruzamento; em $F_{2:3}$ as notas de porte variam de 2,8 a 8,8, na $F_{2:3}RC_1$ as notas de porte se distribuem no intervalo de 3,2 a 9,2 e em $F_{2:3}RC_2$ as notas de porte vão de 2,2 a 8,2. Vale ressaltar que nesse cruzamento as notas de porte variaram ainda mais do que quando foram empregadas famílias do cruzamento Carioca-MG x H-4.

Na Tabela 18 é apresentada a análise de variância das notas de porte do experimento que avalia famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã que foi conduzido em Lavras na seca de 1997. As famílias $F_{3:4}$ diferiram significativamente ($P \leq 0,01$), sendo desta forma constatada a presença de variação entre as famílias. As estimativas da variância genética e da herdabilidade também comprovam a existência de variação entre as famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã. É interessante notar, o valor inferior da herdabilidade nas famílias $F_{3:4}$ quando comparado àqueles obtidos em $F_{2:3}$ (Tabela 17), o que não era esperado. Deve-se ressaltar que ambos os experimentos foram conduzidos em áreas contíguas.

A Figura 5 apresenta a distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias $F_{3:4}$ do cruzamento de Carioca x FT-Tarumã. Mais uma vez, este cruzamento apresentou maior variação nas notas de porte em comparação ao cruzamento Carioca-MG x H-4, o que é devido ao grande contraste entre os parentais quanto a nota de porte; FT-Tarumã, 4,3 e Carioca, 7,4.

A análise de variância das notas de porte das famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x Rio Tibagi está apresentada na Tabela 19. Primeiramente deve ser observado que as testemunhas não diferiram, porém foram detectadas diferenças altamente significativas entre as famílias avaliadas e entre as gerações. As estimativas das variâncias genéticas e da herdabilidade também comprovam a presença de variação entre as famílias avaliadas. Considerando-se os erros associados às estimativas das herdabilidades, nota-se que em todas as gerações avaliadas foram obtidas herdabilidades semelhantes.

As distribuições de frequências das médias das notas de porte das famílias avaliadas no cruzamento Carioca x Rio Tibagi são mostradas nos gráficos apresentados na Figura 6. Nesse cruzamento as notas de porte ficaram compreendidas em um intervalo mais estreito em relação àquele obtido nos experimentos que envolvem famílias do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, o que pode ser justificado pela ausência de diferença entre os parentais. Nesse caso as notas de porte para as famílias $F_{2:3}$ e $F_{2:3}RC_2$ variaram de 2,2 a 5,8 e nas famílias $F_{2:3}RC_1$ as notas de porte vão de 2,2 a 5,2.

Na Tabela 20 são mostradas as herdabilidades realizadas para nota de porte nos cruzamentos Carioca-MG x H-4 e Carioca x FT-Tarumã. No cruzamento Carioca-MG x H-4, em Lavras, a seleção em $F_{2:3}$ no inverno de 1996 e em $F_{2:4}$ na safra da seca apresentou

herdabilidade nula. Porém ao ser utilizada a geração $F_{3:4}$ nas mesmas condições, a herdabilidade foi diferente de zero, embora de pequena magnitude. Já quando foi considerada a seleção em $F_{2:4}$ na seca de 1997 em Patos e a avaliação também em $F_{2:4}$ na seca de 1997 em Lavras, a herdabilidade realizada alta. Selecionando na $F_{2:4}$ na seca em Lavras e avaliando a $F_{2:4}$ na seca de 1997 em Patos de Minas também foram obtidos altos valores para a herdabilidade realizada. Quando foi considerada a geração $F_{3:5}$ e a seleção feita em Patos de Minas e a avaliação feita em Lavras, ambos na seca de 1997, foi obtida 11,92 % de herdabilidade realizada. Porém quando a situação foi inversa, seleção em Lavras e avaliação em Patos de Minas, a herdabilidade realizada foi de apenas 1,09 %.

No cruzamento Carioca x FT-Tarumã, a seleção foi feita em plantas F_3 no inverno de 1996 em Lavras e a avaliação de famílias $F_{3:4}$ possibilitou a obtenção de 7,68 % de herdabilidade realizada (Tabela 20).

Tabela 15: Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas nos experimento de avaliação de famílias F_{2:3} e F_{3:4} do cruzamento Carioca-MG x H-4 conduzido na safra de outono-inverno de 1996 em Lavras (Experimento 5).

FV	GL	QM	$\hat{\sigma}_G^2$	\hat{h}_a^2
Repetição	1	0,035		
Trat. Ajustado	224	3,186**		
Entre Famílias F ₃ de plantas F ₂ (F _{2:3})	106	3,276**	0,642	0,3914 ± 0,1030
Entre Famílias F ₄ de plantas F ₃ (F _{3:4})	117	2,838*	0,423	0,2981 ± 0,1151
F _{2:3} vs. F _{3:4}	1	34,391**		
Erro efetivo	196	1,992		
CV (%)		26,76		
Médias				
Testemunhas		Famílias		
Carioca-MG	5,0	F _{2:3}	5,0	
H-4	5,8	F _{3:4}	5,5	

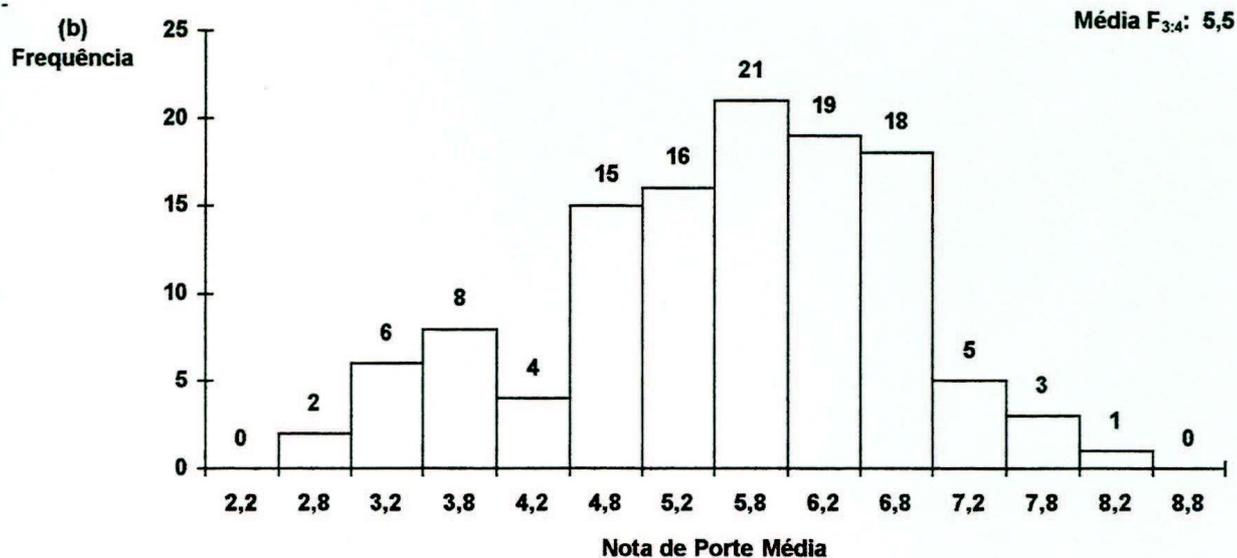
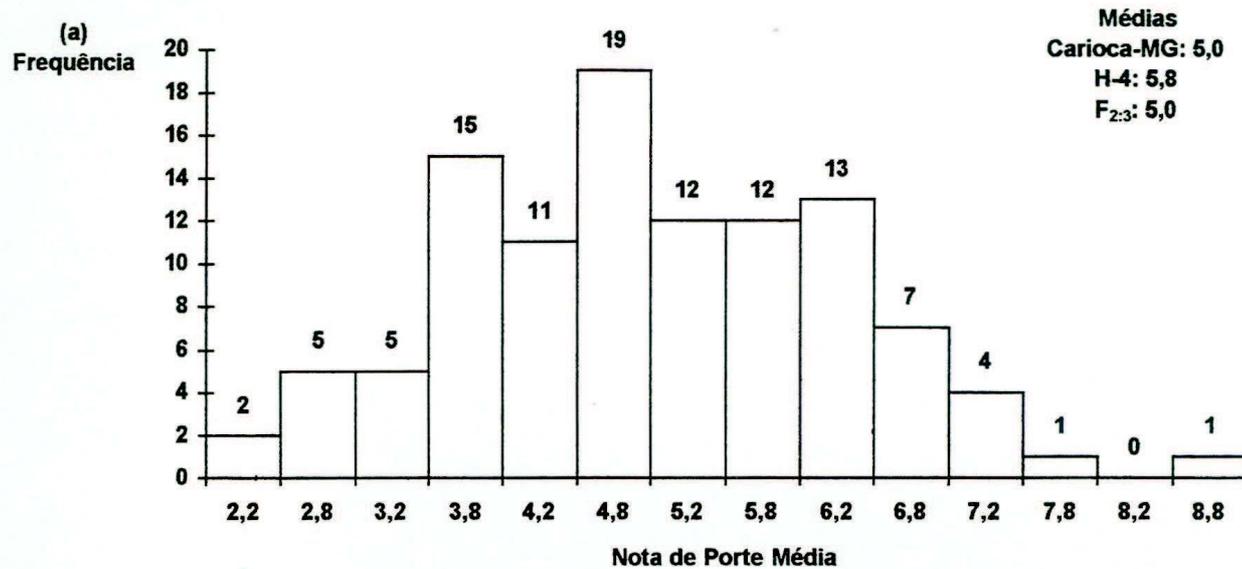


Figura 1. Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias F_{2:3} (a) e F_{3:4} (b) do cruzamento Carioca-MG x H-4, conduzidas na safra de inverno 1996 em Lavras (Experimento 5).

Tabela 16: Resumo da análise de variância conjunta das notas de porte obtidas nos experimentos de avaliação de famílias F_{2:4} e F_{3:5} do cruzamento Carioca-MG x H-4 conduzidos na safra da seca de 1997 em Patos de Minas e em Lavras (Experimento 7).

FV	GL	QM	$\hat{\sigma}_G^2$	\hat{h}_a^2
Repetição/Local	2	7,364		
Local (L)	1	24,666**		
Trat. Ajustado (T)	224	1,255**		
Entre Famílias F ₄ de plantas F ₂ (F _{2:4})	106	1,312**	0,197	0,6006±0,0769
Entre Famílias F ₅ de plantas F ₃ (F _{3:5})	117	1,198**	0,132	0,4407±0,1034
F _{2:4} vs. F _{3:5}	1	2,106		
T x L	224	0,603		
F _{2:4} x L	106	0,524		
F _{3:5} x L	117	0,672*		
(F _{2:4} vs. F _{3:5}) x L	1	0,902		
Erro efetivo médio	392	0,509		
CV (%)		14,23		
Médias				
Testemunhas		Famílias		
Carioca-MG	3,2	F _{2:4}	3,6	
H-4	4,3	F _{3:5}	3,5	

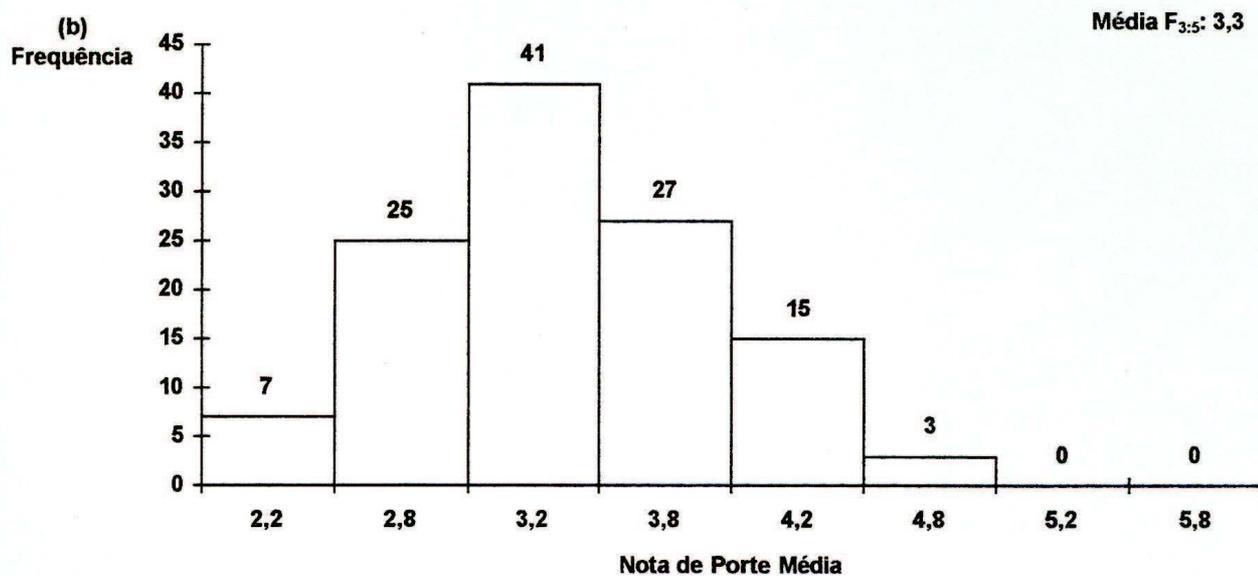
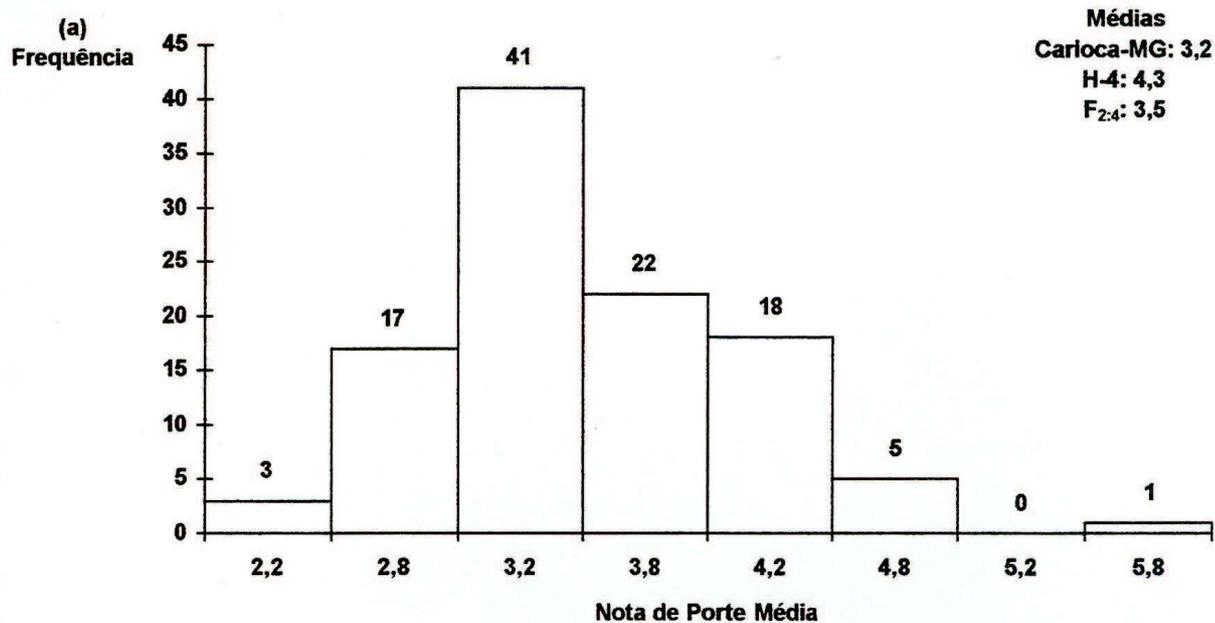


Figura 2. Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias F_{2:4} (a) e F_{3:5} do cruzamento Carioca-MG x H-4, conduzidas na safra da seca de 1997 em Patos de Minas (Experimento 7).

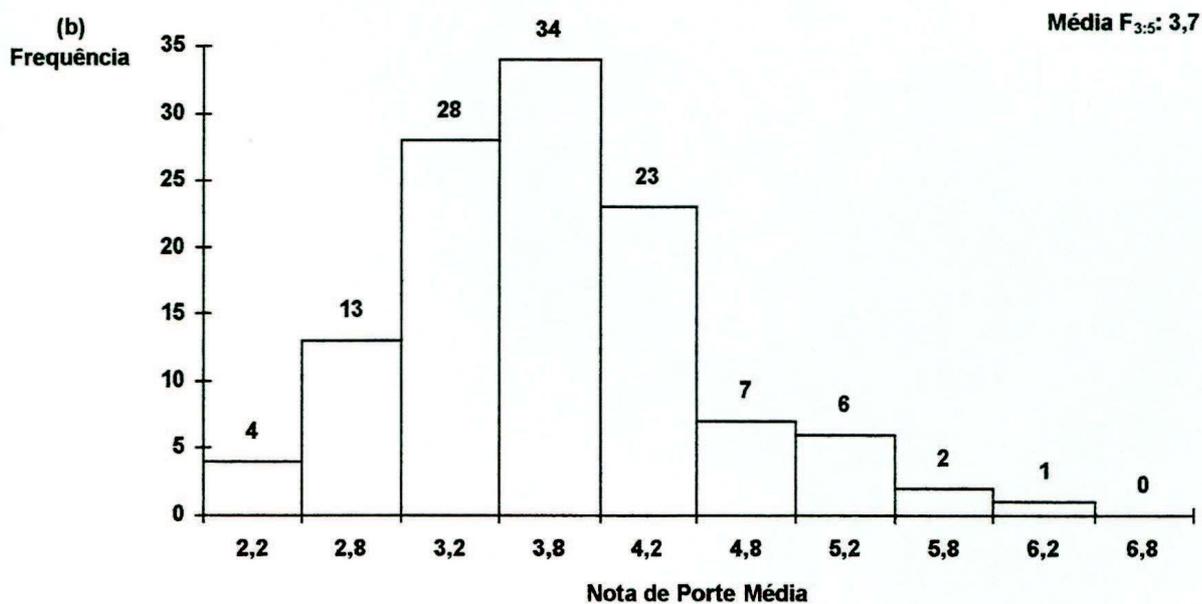
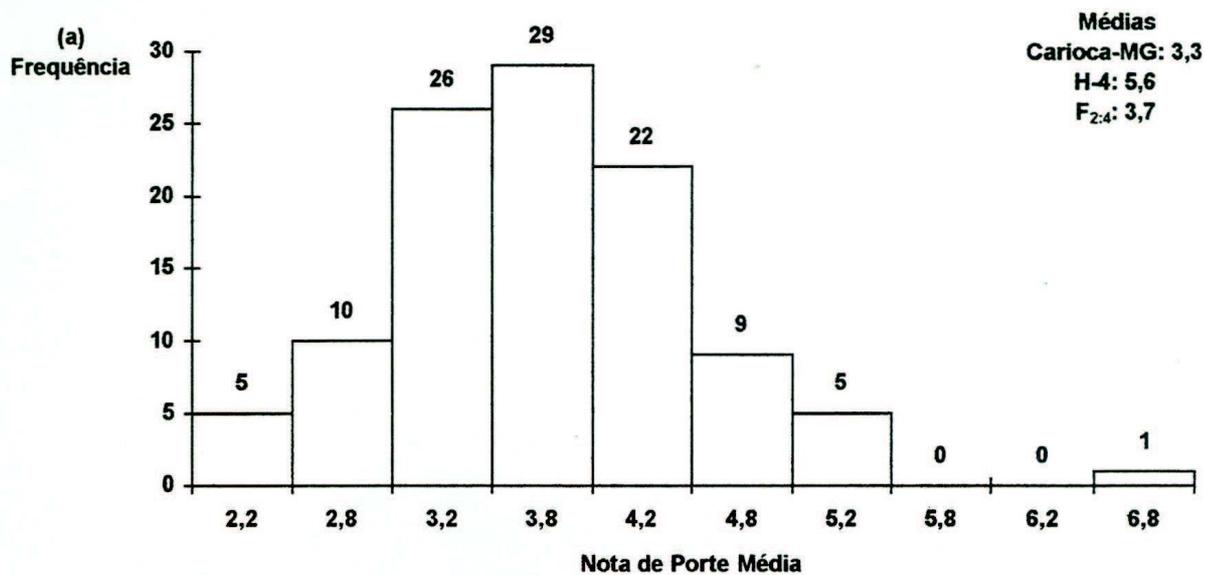


Figura 3. Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias F_{2:4} (a) e F_{3:5} (b) do cruzamento Carioca-MG x H-4, conduzido na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 7).

Tabela 17: Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas no experimento de avaliação de famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã conduzido na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 8).

FV	GL	QM	$\hat{\sigma}_G^2$	\hat{h}_a^2
Repetição	1	5,878		
Trat. Ajustado	195	4,740**		
Entre Famílias F_3 de plantas F_2 ($F_{2:3}$)	63	4,404**	1,136	0,5159±0,0998
Entre Famílias F_3 de plantas F_2RC_1 ($F_{2:3}RC_1$)	63	4,010**	0,939	0,4683±0,1095
Entre Famílias F_3 de plantas F_2RC_2 ($F_{2:3}RC_2$)	63	3,960**	0,904	0,4588±0,1152
Entre Testemunhas	3	9,524**		
Entre Gerações	2	115,56**		
Gerações vs. Testemunhas	1	0,660		
Erro efetivo	169	2,132		
CV (%)		25,00		
		Médias		
	Testemunhas	Famílias		
FT-Tarumã	3,5	$F_{2:3}$	5,8	
Carioca	8,5	$F_{2:3}RC_1$	6,7	
		$F_{2:3}RC_2$	5,0	

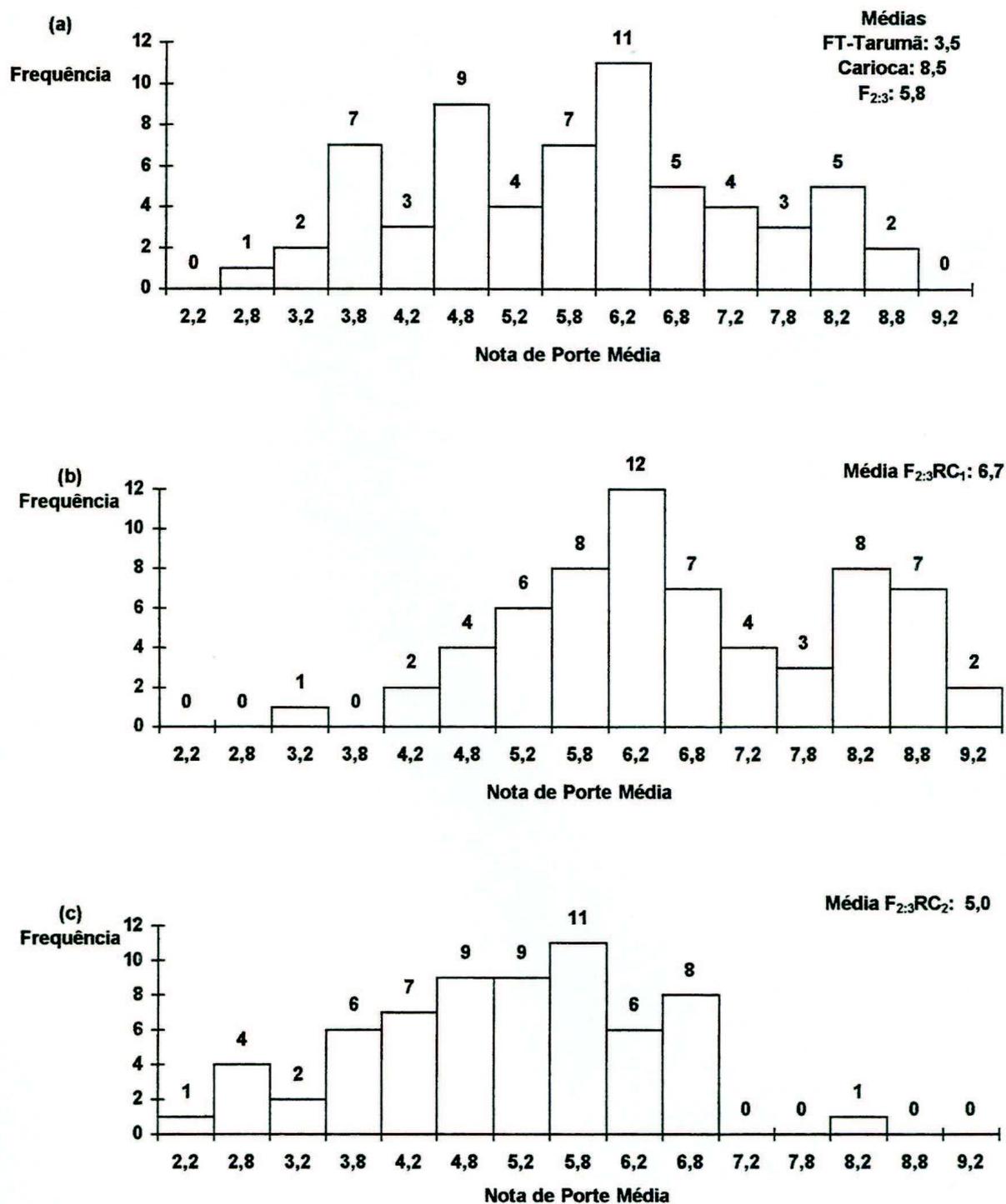


Figura 4. Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias F_{2:3} (a), F_{2:3}RC₁ (b) e F_{2:3}RC₂ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, conduzidas na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 8).

Tabela 18. Resumo da análise de variância das notas de porte obtidas no experimento de avaliação de famílias $F_{3:4}$ do cruzamento Carioca x FT-Tarumã conduzido na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 6).

FV	GL	QM	$\hat{\sigma}_G^2$	\hat{h}_a^2
Repetição	2	1,603		
Trat. Ajustado	99	2,915**		
Entre Famílias F_4 de plantas F_3 ($F_{3:4}$)	97	2,832**	0,333	$0,3528 \pm 0,1153$
Entre Testemunhas	1	13,806**		
$F_{3:4}$ vs. Testemunhas	1	0,080		
Erro efetivo	171	1,832		
CV (%)		23,59		
Médias				
Testemunhas		Famílias		
FT-Tarumã	4,3	$F_{3:4}$	5,7	
Carioca	7,4			

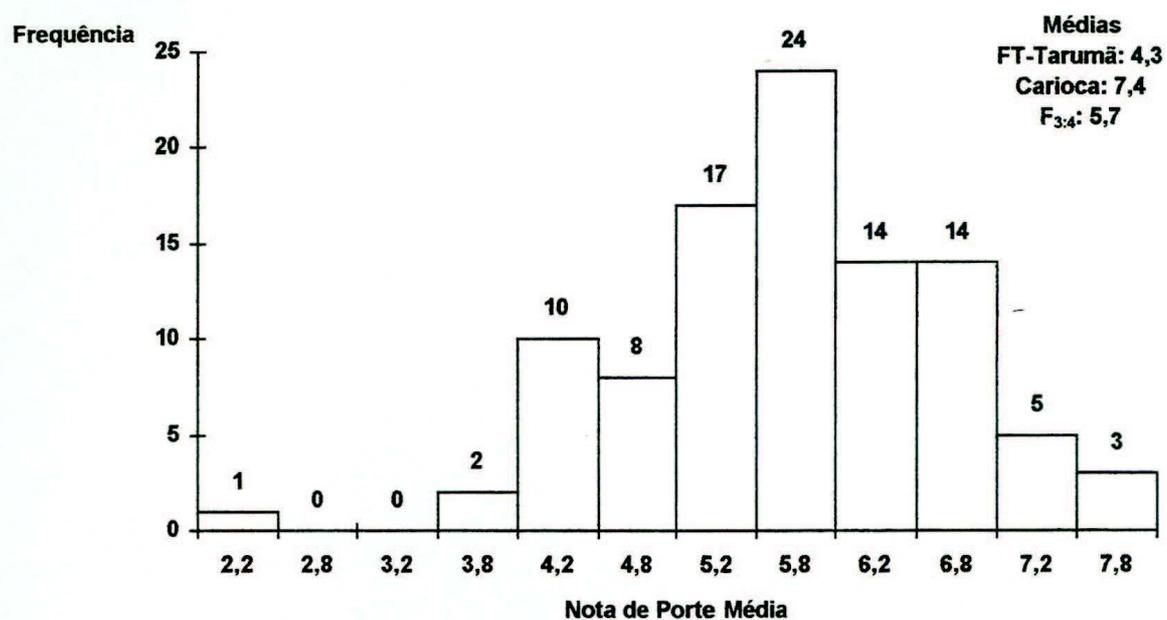


Figura 5. Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias F_{3:4} do cruzamento Carioca x FT-Tarumã, conduzidas na safra da seca de 1997 em Lavras (Experimento 6).

Tabela 19: Resumo da análise de variância da nota do porte obtidas no experimento de avaliação de famílias $F_{2:3}$, $F_{2:3}RC_1$ e $F_{2:3}RC_2$ do cruzamento Carioca x Rio Tibagi conduzido na safra da seca de 1997 em Patos de Minas (Experimento 9).

FV	GL	QM	$\hat{\sigma}_G^2$	\hat{h}_a^2
Repetição	1	2,612		
Trat. Ajustado	195	1,553**		
Entre Famílias F_3 de plantas F_2 ($F_{2:3}$)	63	1,208**	0,2545	0,4214± 0,1194
Entre Famílias F_3 de plantas F_2RC_1 ($F_{2:3}RC_1$)	63	1,026*	0,1635	0,3187± 0,1404
Entre Famílias F_3 de plantas F_2RC_2 ($F_{2:3}RC_2$)	63	1,192**	0,2465	0,4136± 0,1208
Entre Testemunhas	3	1,638		
Entre Gerações	2	40,668**		
Gerações vs. Testemunhas	1	0,824		
Erro efetivo	169	0,659		
CV (%)		20,87		
Médias				
Testemunhas		Famílias		
Rio Tibagi	2,5	$F_{2:3}$	4,1	
Carioca	4,4	$F_{2:3}RC_1$	3,2	
		$F_{2:3}RC_2$	4,6	

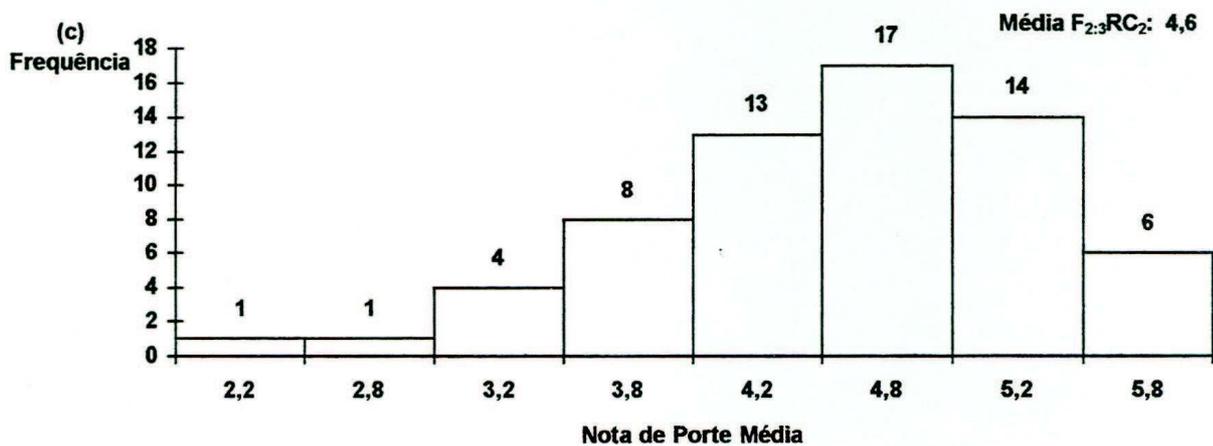
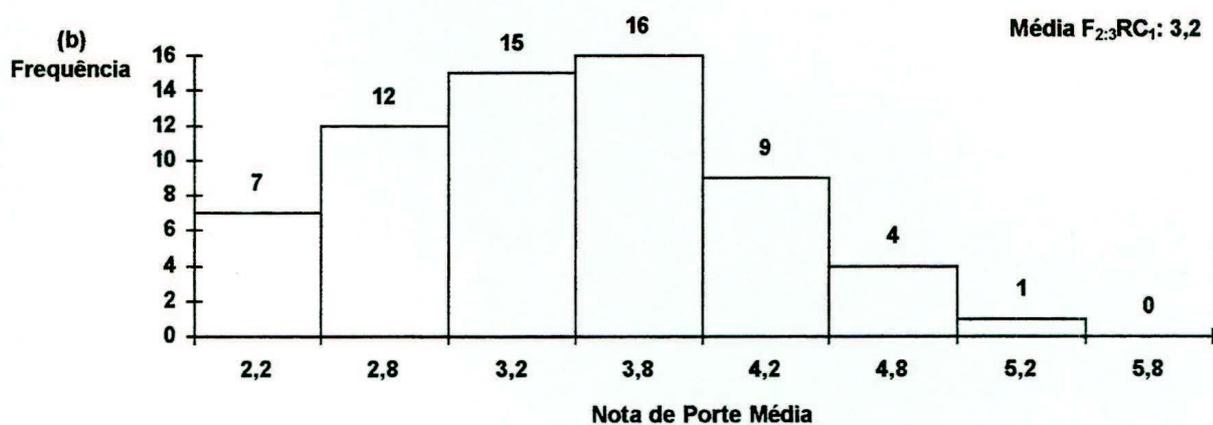
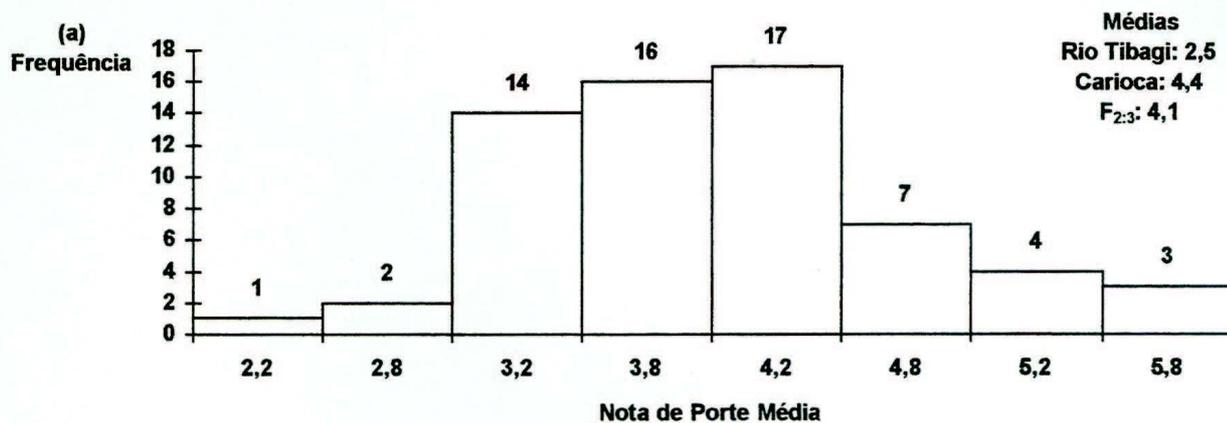


Figura 6. Distribuição de frequência das médias das notas de porte das famílias F_{2:3} (a), F_{2:3}RC₁ (b) e F_{2:3}RC₂ (c) do cruzamento Carioca x Rio Tibagi, conduzidas na safra da seca de 1997 em Patos de Minas (Experimento 9).

Tabela 20. Estimativas das herdabilidades realizadas entre famílias para a nota de porte.

Cruzamento	Seleção			Avaliação			Índice de	h^2
	Geração	Safra	Local	Geração	Safra	Local	Seleção (%)	realizada (%)
Carioca-MG x H-4	F _{2:3}	inv./96	Lavras	F _{2:4}	seca/97	Patos e Lavras	10	0
	F _{3:4}	inv./96	Lavras	F _{3:5}	seca/97	Patos e Lavras	10	6,06
	F _{2:4}	seca/97	Patos	F _{2:4}	seca/97	Lavras	10	51,37
	F _{3:5}	seca/97	Patos	F _{3:5}	seca/97	Lavras	10	11,92
	F _{2:4}	seca/97	Lavras	F _{2:4}	seca/97	Patos	10	22,98
	F _{3:5}	seca/97	Lavras	F _{3:5}	seca/97	Patos	10	1,09
Carioca x FT-Tarumã	F ₃	inv/96	Lavras	F _{3:4}	seca/97	Lavras	15	7,68

4.3 Estimativas de correlações entre caracteres

As correlações fenotípicas (r) entre as características avaliadas nos experimentos que utilizaram plantas individuais estão apresentadas na Tabela 21, para o cruzamento Carioca-MG x H-4; Tabela 22, para o cruzamento Carioca-MG x Pompadour e Tabela 23 para o cruzamento Carioca x FT-Tarumã. Constata-se que as estimativas de r dos caracteres morfológicos com a nota de porte foram de modo geral baixas, as únicas exceções foram as correlações desse caráter com o grau de ramificação que nos cruzamentos Carioca-MG x Pompadour e Carioca x FT-Tarumã foram superiores a 0,5.

A associação entre os demais caracteres foram praticamente nulas, exceto no cruzamento Carioca x FT-Tarumã em que para o grau de ramificação e o diâmetro do 5^o entre-nó foi observada uma correlação superior a 0,5.

As estimativas da correlação entre nota de porte e produtividade de grãos foram superiores a 0,5 no caso dos cruzamentos Carioca-MG x Pompadour e Carioca x FT-Tarumã.

As estimativas das correlações fenotípicas e genéticas entre a nota de porte e a produtividade de grãos, quando se utilizou famílias estão apresentadas na Tabela 24. Ao contrário das anteriormente relatadas, quando foram utilizadas plantas individuais, não foram encontradas correlações entre produtividade de grãos e nota de porte, exceto para as famílias do cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliadas em Patos de Minas que mostraram uma correlação genética negativa entre nota de porte e produtividade de grãos em módulo

superior a 0,5. As estimativas das correlações genéticas e fenotípicas mostraram-se coerentes tanto em magnitude quanto em sinal.

Tabela 21: Estimativas das correlações fenotípicas entre caracteres avaliados ao nível de indivíduo no cruzamento Carioca-MG x H-4.

Caráter ¹	Correlação				
	2	3	4	5	6
1	- 0,13**	0,44**	0,40**	0,18**	0,58**
2		- 0,08*	0,13**	0,24**	- 0,06
3			0,16**	0,07	0,57**
4				0,37**	0,24**
5					0,09**

¹ 1: Grau de ramificação, 2: comprimento do 4^o ao 7^o entre-nó, 3: diâmetro do 5^o entre-nó, 4: nota de porte, 5: altura de inserção da primeira vagem, 6: peso de grãos por planta.

* Significativo ao nível de 5 %.

** Significativo ao nível de 1 %.

Tabela 22: Estimativas das correlações fenotípicas entre caracteres avaliados ao nível de indivíduo no cruzamento Carioca-MG x Pompadour.

Caráter ¹	Correlação				
	2	3	4	5	6
1	0,24**	0,39**	0,57**	0,02	0,53**
2		- 0,17**	0,24**	0,37**	0,06
3			0,32**	- 0,22**	0,68**
4				0,13**	0,55**
5					- 0,10**

¹ 1: Grau de ramificação, 2: comprimento do 4º ao 7º entre-nó, 3: diâmetro do 5º entre-nó, 4: nota de porte, 5: altura de inserção da primeira vagem, 6: peso de grãos por planta.

* Significativo ao nível de 5 %.

** Significativo ao nível de 1 %.

Tabela 23: Estimativas das correlações fenotípicas entre caracteres ao nível de indivíduo avaliados no cruzamento Carioca x FT-Tarumã.

Caráter ¹	Correlação				
	2	3	4	5	6
1	- 0,04	0,58**	0,53**	- 0,03	0,71**
2		- 0,21**	0,26**	0,19**	- 0,03
3			0,32**	- 0,15**	0,75**
4				0,00	0,56**
5					- 0,09*

¹ 1: Grau de ramificação, 2: comprimento do 4º ao 7º entre-nó, 3: diâmetro do 5º entre-nó, 4: nota de porte, 5: altura de inserção da primeira vagem, 6: peso de grãos por planta.

* Significativo ao nível de 5 %.

** Significativo ao nível de 1 %.

Tabela 24: Estimativas de correlações fenotípicas e genéticas avaliadas ao nível de média de famílias entre nota de porte e produtividade avaliadas nos cruzamentos Carioca-MG x H-4 e Carioca x FT-Tarumã.

Cruzamento	Gerações	Local - safra	Correlação	
			Fenotípica	Genética
Carioca-MG x H-4	F _{2:3} e F _{3:4}	Lavras - inverno/96	0,13	0,18*
Carioca-MG x H-4	F _{2:4} e F _{3:5}	Patos de Minas - seca/97	- 0,17*	- 0,59**
Carioca-MG x H-4	F _{2:4} e F _{3:5}	Lavras -seca/97	0,29**	0,33**
Carioca x FT-Tarumã	F _{3:4}	Lavras - seca/97	- 0,07	- 0,23

* significativo ao nível de 5 %

** significativo ao nível de 1 %

5 DISCUSSÃO

Na obtenção de plantas eretas do feijoeiro há alguns problemas que necessitam serem sanados. O primeiro deles é identificar caráter ou caracteres que estejam associados a planta ereta. Adams (1973) faz referência sobre uma série de caracteres que condicionam uma planta ereta. Segundo esse autor, a cultivar com porte ideal é aquela que tem hastes fortes com diâmetro grosso, pois assim é possível o melhor transporte da água e sobretudo a planta torna-se resistente ao acamamento. Adams (1973) também menciona que as cultivares de porte mais ereto têm folhas menores e a presença de correlação positiva entre o tamanho da folha e o tamanho de grão, porém esta correlação não é completa permitindo a seleção para o tamanho de grãos em cultivares eretas. Outros parâmetros morfológicos foram usados no estudo do porte do feijoeiro. Acquah, Adams e Kelly (1991) recomendam o uso da altura da planta, do diâmetro do hipocótilo, do ângulo de ramificação e da distribuição de vagens na seção média da planta para identificação do porte do feijoeiro. Já Kornegay, White e Cruz (1992) enfatizam o hábito de crescimento, o comprimento da guia, o número de nós na haste principal e a altura da planta como sendo os mais importantes componentes do porte do feijoeiro.

Nesse trabalho ficou evidente que é difícil identificar um ou poucos caracteres que possam explicar a ocorrência de plantas eretas. As estimativas das correlações fenotípicas entre os vários caracteres avaliados e a nota atribuída ao porte foram nulas ou muito baixas. Assim nesse trabalho, o diâmetro do colmo e o comprimento de entre-nós foram caracteres utilizados que isoladamente não foram suficientes para a obtenção de plantas eretas. O único caráter que correlacionou com a nota de porte foi o grau de ramificação. Vale ressaltar que esse caráter foi avaliado também utilizando uma escala de notas, que é subjetiva. É importante lembrar que ao se atribuir a nota de porte, o grau de ramificação é um dos caracteres que é visualmente avaliado, sendo essa talvez a razão da correlação entre eles.

Um segundo problema é o efeito do ambiente na expressão do caráter planta ereta. Esse talvez seja o principal entrave no programa de seleção para esse caráter. Em presença de alta umidade e/ou calor e/ou matéria orgânica a planta apresenta um maior desenvolvimento vegetativo, fazendo com que até mesmo linhagens que se mostraram bem eretas em outras condições, tornem-se decumbentes. O contrário é observado quando não há ocorrência desses fatores impossibilitando uma melhor discriminação dos materiais. Collicchio (1995) encontrou um acréscimo nas notas de porte quando a avaliação foi realizada na safra das águas, com semeadura em outubro-novembro, quando são registradas maiores temperaturas e precipitações pluviométricas. O autor recomendou que a avaliação seja feita justamente em condições ambientais desfavoráveis ao porte, pois assim as cultivares que se mantiverem eretas sob essas condições também o serão nas condições que promovem melhoria no porte. Outro fator de suma importância, considerado por Collicchio

(1995) ao recomendar a seleção para porte na safra das águas, é que nesse cultivo o porte ereto torna-se mais requisitado, porque a colheita tem grandes chances de coincidir com períodos chuvosos e o porte ereto reduz o contato das vagens com o solo e assim as perdas na colheita são menores.

Vale ressaltar que sob condições de calor e umidade, o desenvolvimento das plantas é grande. As plantas que não são eretas tornam-se decumbentes caindo sobre as vizinhas e dificultando até mesmo o trânsito do pesquisador entre as parcelas durante as avaliações. A solução neste caso seria a utilização de parcelas maiores com bordadura. Contudo, quando se avaliam mais de 100 famílias como ocorreu no presente experimento a limitação de área impossibilita o uso de parcelas maiores. Além do mais a quantidade de sementes de cada família, especialmente nas primeiras gerações, também podem limitar o uso de parcelas maiores.

Outro problema encontrado é avaliar a arquitetura da planta visualmente, através de uma escala de notas. Isso é particularmente difícil quando se procura fazer a avaliação ao nível de indivíduos. Quando se considera famílias e se utiliza mais de um avaliador o procedimento é mais coerente. Com o objetivo de verificar a eficiência da avaliação visual de caracteres através de escalas de notas, Marques Junior et al. (1997) utilizaram vários caracteres de importância no feijoeiro, entre eles o porte. Encontraram uma boa precisão nessa forma de avaliação, indicando a eficiência desse procedimento que é adotado frequentemente pelos melhoristas, inclusive para o porte. Comentaram também que ao se utilizar uma escala de notas com menor amplitude de variação, isto é, 1 a 5, ao invés, por exemplo de 1 a 9 a precisão das notas concebidas ao mesmo tratamento pelos diferentes

avaliadores é melhor. Marques Júnior et al. (1997) encontraram para a nota de porte $CV = 14,3\%$ em média. Já no presente estudo em média o CV foi mais elevado, $22,1\%$.

Uma das etapas de maior importância, não só para obtenção da população segregante, mas também para se obter boas estimativas dos parâmetros genéticos, é a escolha criteriosa dos genitores. Esse fato foi bem realçado nesse trabalho. Foram utilizados 4 parentais de porte ereto. Um deles é a cultivar de hábito I, Pompadour e as demais de hábito II, FT-Tarumã, Carioca-MG e Rio Tibagi. A cultivar FT-Tarumã, foi a que apresentou o porte ereto o mais constante possível, isto é, ela manteve o fenótipo desejável para o caráter em todas as condições avaliadas. Já a Carioca-MG, escolhida não só pelo porte, mas sobretudo pelo tipo de grão Carioca, mostrou-se instável e em alguns casos sua nota de porte não diferiu na intensidade desejada do outro parental. Numa condição como essa a segregação das plantas e/ou famílias é menor, o que diminui a amplitude de variação do caráter e a estimativa da variância genética. O uso da cultivar FT-Tarumã como parental nos programas visando a obtenção de porte ereto em princípio é uma boa estratégia pelas razões já expostas. Vale acrescentar, contudo que se o objetivo é obter uma cultivar ereta porém com grãos tipo Carioca, o melhorista poderá ter sérias dificuldades haja vista que a cor dos grãos é controlada por um grande número de genes provavelmente até maior do que o envolvido no porte (Leakey, 1988). Assim o melhorista deve procurar escolher a estratégia que torne o processo mais eficiente.

Nos experimentos em que se avaliou indivíduos constatou-se, em alguns casos, a não concordância no ajustamento nos modelos genéticos de média e de variância. O uso de plantas individuais, também mostrou a dificuldade de serem empregados caracteres

morfológicos na busca de cultivares com porte ereto, como já mencionado. Constatou-se que quando se considerou plantas individuais, além do imenso trabalho despendido, já que foram mensurados milhares de indivíduos, o ajustamento nos modelos genéticos, tanto de média como de variância, nem sempre foram bons. No caso de média, o erro associado as estimativas foram altos e em alguns casos superior a própria estimativa. No caso das variâncias os erros também foram elevados e algumas estimativas de componentes de variância foram até negativos.

Dos caracteres avaliados o comprimento de entre-nós foi o que se mostrou mais constante entre os diferentes cruzamentos e onde houve melhor concordância entre as estimativas dos componentes de médias e de variância. Para esse caráter houve predominância do efeito aditivo e a estimativa da herdabilidade ao nível de indivíduo variou de 0,0 % no cruzamento Carioca-MG x H-4 avaliado no inverno de 1996 em Patos de Minas (Tabela 10) a 47,4 % no cruzamento Carioca x FT-Tarumã no inverno de 1996 em Lavras (Tabela 14). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Vencovsky (1986) que utilizaram um esquema dialélico para avaliar populações segregantes. Porém a herdabilidade estimada por esses autores foi mais elevada, 69,0 %.

As avaliações da nota de porte efetuadas em plantas individuais, foram realizadas nas plantas secas já colhidas, o que sem dúvida nenhuma mascarou a manifestação do caráter. A variação observada não foi expressiva, exceto no caso do cruzamento Carioca-MG x Pompadour (Tabela 10), cuja herdabilidade foi superior a 50 %. Nos demais casos foram de pequena magnitude e, além do mais, associados a erros elevados. Depreende-se que a avaliação desse caráter não deve ser realizada a nível de indivíduos.

Quando se utilizou a escala de notas de porte para avaliar famílias segregantes, pode-se observar, como já mencionado, que a precisão experimental foi baixa (CV em média, 21,1 %). Mesmo assim, as estimativas obtidas para a variância genética foram satisfatórias. Mais uma vez pode ser comprovada a maior estabilidade e o maior potencial das populações segregantes quando se utilizou a cultivar FT-Tarumã como parental de porte ereto. Nos cruzamentos em que essa cultivar foi empregada as estimativas das variâncias genéticas entre famílias foram superiores às demais, exceto quando se avaliou famílias $F_{3:4}$.

Em todos os experimentos em que foram empregadas famílias, as estimativas da herdabilidade utilizando componentes de variância foram altas, acima de 29 %, e associadas a erros relativamente pequenos. As estimativas de herdabilidade foram ainda mais expressivas quando a mesma geração foi avaliada em mais de um local.

É importante enfatizar contudo, que não houve concordância nas estimativas de herdabilidade utilizando os componentes de variância e a herdabilidade realizada. Essa última em alguns casos foi nula. Isso ocorreu especialmente quando a herdabilidade realizada foi estimada a partir do desempenho médio das famílias avaliadas em gerações diferentes ($F_{2:3}$ e $F_{2:4}$). Esse resultado é explicado pela grande influência do ambiente na manifestação do caráter, como já mencionado, o que contribui para que a interação família x ambiente seja expressiva. É evidente que a herdabilidade é muito influenciada pela interação. Quando as avaliações foram efetuadas numa mesma geração porém em ambientes diferentes, a interação não foi muito expressiva e a herdabilidade foi relativamente alta. Vale ressaltar

que ela foi de maior magnitude quando se utilizou como referência a avaliação efetuada em Patos de Minas, onde a variação genética foi maior.

Esses resultados enfatizam que o porte é um caráter muito influenciado pelo ambiente. No programa da Universidade Federal de Lavras é comum o uso do método bulk dentro de famílias F_2 ou F_3 . Inclusive são realizadas avaliações das famílias em experimentos com repetição. Seria importante que nesses experimentos fosse atribuída nota de porte em todas as gerações e a seleção das famílias só fosse efetuada na média de 3 ou mais avaliações e não só na safra das águas como sugerido por Collicchio (1995).

Finalmente, um resultado relevante foram as estimativas da correlação entre nota de porte e produtividade quando a avaliação foi feita com base no desempenho de famílias. A maioria destas correlações foi significativamente diferentes de zero, porém de baixa magnitude, o que possibilita inferir que é possível obter cultivares com porte ereto e boa produtividade.

CONCLUSÕES

Entre os caracteres morfológicos associados ao porte do feijoeiro, o comprimento dos entre-nós foi o que mostrou maior variação, havendo predominância do efeito aditivo no controle do caráter.

A avaliação do porte por meio de notas utilizando plantas individuais revelou ser de baixa eficiência. Contudo, quando se utilizou famílias, apesar da acentuada influência do ambiente na expressão do caráter, as estimativas dos parâmetros genéticos evidenciaram a possibilidade de sucesso com a seleção, especialmente se esta for realizada após a avaliação em algumas gerações e/ou ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUAAH, G.; ADAMS, M.W.; KELLY, J. D. Identification of effective indication of erect plant architecture in dry bean ideotype. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 261-264, Mar./Apr. 1991.
- ACQUAAH, G.; ADAMS, M. W.; KELLY, J. D. A factor analysis of plant variables associated with architecture and seed size in dry bean. **Euphytica**, Wageningen, v.60, n.3, p.171-177, Apr. 1992.
- ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURAL TROPICAL. **Potentials of field beans and other legumes in Latin America**. Cali, 1973 . p. 266-278.
- BROTHERS, M. E.; KELLY, J. D. Interrelationship of plant architecture and yield components in pinto bean ideotype. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p. 1234-1238. Nov./Dez. 1993.
- CASTOLDI, F. L. **Análises das interrelações entre rendimento e diversas características agronômicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** Viçosa:UFV, 1991. 73 p. (Dissertação - Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas).
- COLLICCHIO, E. **Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho de grãos**. Lavras: UFLA, 1995. 98 p. (Dissertação - Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas).

- COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, mar. 1997.
- COYNE, D. P.; STEADMAN, J. R. Inheritance and association of some traits in a *Phaseolus vulgaris* L. cross. **The Journal of Heredity**, Baltimore, v.68, n. 1, p.60-62, Jan./Feb. 1977.
- DAVIS, D. W.; FRAZIER, W. A. Inheritance of some growth habit componentes in certain types of bush lines of *Phaseolus vulgaris* L. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, Mount, v. 88, p.384-392, June. 1966.
- DEBOUCK, D. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (eds.). **Common Beans: research for crop improvement**. Cali, CAB International, CIAT, 1991. p. 55-118.
- DEBOUCK, D.; HIDALGO, R. Morfologia de la planta de frijol comun. In: LÓPEZ, M. FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. V. (eds.). **Frijol: investigación y producción**. Cali: PNUD, CIAT, 1985. p.7-41.
- DETONGNON, J.; BAGGETT, J. R. Inheritance of stem elongation tendency in determinate form of common bean. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 1, p.115-117, Jan. 1989.
- DINIZ, A. J.; SANTOS, J. B. dos; RAMALHO, M. A. P. Controle genético de alguns componentes das inflorescências do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 41, n. 7, p. 694-697, jul. 1989.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE SANTA CATARINA. **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis, 1992. 285 p.

- FEHR, W. R. Heritability. In: ____. **Principles of cultivar development: theory and technique**. New York: MacMillan, 1987. Cap. 7, v. 1. 279 p.
- FERRI, M. G. **Botânica: morfologia interna da plantas (anatomia)**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 113p.
- GERALDI, P. R. **Obtenção de parâmetros genéticos de caracteres do pendão em milho (*Zea mays* L.) e perspectivas de melhoramento**. Piracicaba: ESALQ, 1977. 103 p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- HALL, R.; PARK, S. J.; PHILLIPS, L. G. Growth habit, lodging and resistance of white bean to white mold. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Cali, v.36, p. 176-177, 1993.
- KAMIKOGA, M. K. **Herança do acamamento e associações com outros caracteres em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba:ESALQ. 1989. 130 p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- KORNEGAY, J.; WHITE, J. W.; CRUZ, O. O. de la. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v.62, n. 3, p.171-180, 1992.
- LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (ed.). **Genetics resources of *Phaseolus* beans**. Dordrecht: Kluwer Academics, 1988. p. 245-327.
- LEMOS, L. B.; FORNASIERE FILHO, D.; PEDROSO, P. A. C. Comportamento de cultivares de feijoeiro com distintos hábitos de crescimento, em diferentes populações, em semeadura de inverno. **Científica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 113-120, 1993.

- LYNCH, J.; VAN BEEM, J. J. Growth and architecture of seedling roots of common bean genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 6, p.1253-1257, Nov./Dec. 1993.
- MARQUES JUNIOR, O. G.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; SANTOS, J. B. dos. Viabilidade do emprego de notas na avaliação de alguns caracteres do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa. 1997. (No prelo).
- MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.
- MIRANDA COLIN, S. Estudio sobre la herencia de três caracteres de frijol. **Agrociência**, Chapingo, v. 4, n. 1, p.115-122, 1969.
- NELSON, R. The inheritance of branching type in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 5, p. 1150-1152, Sept./Oct.1996.
- NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components, and architectural traits in dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 26, p.21-27, Jan./Feb. 1986.
- OUATTARA, S.; WEAVER, D. B. Effect of growth habit on yield components of late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, v.35, n. 2, p. 411-415, Mar./Apr. 1995.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa aplicada em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

- SANTOS, J. B. dos; VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p.957-963, set. 1986.
- SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C. , PAULA Jr., T . J. de; BOREM, A. (orgs.). **A cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1997. (No prelo).
- SARTORATO, A.; RAVA , C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 300 p.
- SINGH, S. P. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 25, p. 92-94, 1982.
- SINGH, S. P., Bean genetics. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (eds.). **Common Beans: research for crop improvement**. Cali, CAB International, CIAT, 1991, p. 55-118.
- SINGH, S. P.; MUÑOZ, C. G.; TERÁN, H. Determinacy of growth habit in common bean, *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39. p. 211-212. 1996.
- VELLO, N. A.; VENCOVSKY, R. **Variâncias associadas às estimativas da variância genética e coeficiente de herdabilidade**. Piracicaba: ESALQ, 1974. p. 238-248. (Relatório Científico do Instituto de Genética, 8).
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VILHORDO, B. W.; MIZUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.

VILHORDO, B. W.; MÜLLER, L.; EWALD, L. F.; LEÃO, M. L. Hábito de Crescimento em Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia sulriograndense**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 79-98, 1980.

VOYSEST, O.; DESSERT, M. Bean cultivars: classes and commercial seed types. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (eds.). **Common Beans: research for crop improvement**. Cali, CAB International, CIAT. 1991, p.119-162.

WALLACE, D. H. OZBUN, J. L.; MUNGER, H. M. Physiological genetics of crop yield. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 97-146. 1972.