



LUIZ PAULO MIRANDA PIRES

**SELEÇÃO RECORRENTE MASSAL PARA
PORTE ERETO EM FEIJÃO DO TIPO
CARIOCA**

**LAVRAS - MG
2013**

LUIZ PAULO MIRANDA PIRES

**SELEÇÃO RECORRENTE MASSAL PARA PORTE ERETO EM
FEIJÃO DO TIPO CARIOCA**

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

Orientador

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

**LAVRAS – MG
2013**

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

Pires, Luiz Paulo Miranda.

Seleção recorrente massal para porte ereto em feijão do tipo carioca / Luiz Paulo Miranda Pires. – Lavras : UFLA, 2013.

81 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Progresso genético. 3. Melhoramento de plantas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.523

LUIZ PAULO MIRANDA PIRES

**SELEÇÃO RECORRENTE MASSAL PARA PORTE ERETO EM
FEIJÃO DO TIPO CARIOCA**

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

APROVADA em 22 de fevereiro de 2013

Dr. Adriano Teodoro Bruzi UFLA

Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro UFV

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho UFLA

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

Orientador

**LAVRAS – MG
2013**

A Deus, por iluminar meus pensamentos, me dando calma e sabedoria para encarar os desafios.

OFEREÇO

Aos meus pais, Rute e Gelson, pelo amor incondicional, apoio, dedicação e pelos valiosos ensinamentos.

Ao minha avó, Ana (in memoriam), por todo o carinho, atenção e ensinamentos.

Creio que onde estiver está feliz pelo que me tornei.

As minhas irmãs, Raquel e Aline, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos, que aos poucos se tornaram tão especiais.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao pessoal do “feijão, pela ajuda na condução dos experimentos.

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

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, paciência, disponibilidade, conselhos e exemplo de profissional; a quem eu tenho imensa admiração e gratidão.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela contribuição para minha formação.

À pesquisadora Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela disponibilidade em sempre me ajudar, pelo carinho e amizade.

Aos colegas de mestrado, em especial à turma 2011/01, e amigos da turma 2011/2, pelos momentos especiais e de dificuldades em que passamos juntos durante o mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, tornando possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários de campo Léo, Lindolfo e José Carlinhos, Vera, Zélia, Rafaela, Irondina e Sebastiana (Dú), por estarem sempre dispostos a colaborarem com boa vontade.

Aos amigos da república Furazóio: Vinícius, Kaio e Otávio, pelo companheirismo e amizade.

Aos amigos Matheus Mendes e Ricardo Cabral, pelo auxílio nas análises estatísticas utilizadas na elaboração dessa dissertação.

A todas as pessoas que me auxiliaram, direta ou indiretamente, de maneira que hoje posso estar saboreando mais esta conquista.

Meu muito obrigado...

A melhor forma de melhorar o padrão de vida está em melhorar o padrão de pensamento.

U. S. Andersen

RESUMO

Um programa de seleção recorrente (SR) visando à obtenção de plantas de feijão mais eretas vem sendo conduzido desde 2001. Até o terceiro ciclo a SR foi efetuada avaliando progênies $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$ e recombinando progênies $S_{0:3}$. Posteriormente a SR passou a ser massal (SRM), visualmente realizada entre plantas da geração F_2 . Na SRM após os ciclos V e VIII, foram obtidas progênies que foram avançadas até a obtenção de linhagens. Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar a eficiência da seleção recorrente massal para porte ereto no feijoeiro, o efeito dessa seleção na produtividade de grãos e verificar se ainda existe variabilidade na população que está sendo submetida à seleção recorrente, utilizando informações obtidas no CV e CVIII do referido programa. No ciclo VIII foram avaliadas progênies $S_{0:2}$, $S_{0:3}$, $S_{0:4}$ e $S_{0:5}$ em dois locais, exceto a $S_{0:2}$, que foi avaliada em apenas um local. Em todas as gerações foram obtidas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos. Utilizou-se dados médios de 47 progênies $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ do CV, anteriormente obtidas, e igual número de progênies $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ do CVIII foram também usadas para estimar o progresso genético. Para isso, procedeu-se a análise de variância combinada dos dois ciclos, utilizando como referência as duas testemunhas comuns. Constatou-se que o progresso genético estimado para o porte entre CV e CVIII é de 1,62% por ciclo. A seleção realizada para a arquitetura, indiretamente contribuiu para o progresso genético na produtividade de grãos de 6,81% por ciclo. Após os oito ciclos seletivos, a população que está sendo submetida à seleção recorrente ainda possui variabilidade genética suficiente para a continuidade do progresso genético com a seleção para ambos os caracteres.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Progresso genético. Melhoramento de plantas.

ABSTRACT

A recurrent selection (RS) program for the purpose of obtaining more upright common bean plants has been conducted since 2001. Up to the third cycle, RS was carried out by assessing $S_{0:1}$ and $S_{0:2}$ progenies and recombining $S_{0:3}$ progenies. Then, RS came to be massal (MRS), performed visually among generation F_2 plants. In the MRS after cycles V and VIII, progenies were obtained which were advanced until obtaining inbred lines. The purpose of the present study was to evaluate the efficiency of recurrent massal selection for upright plant in common bean, the effect of this selection on bean seed yield and verify if there is still variability in the population that is being subjected to recurrent selection, using information obtained in the CV and CVIII of the program. In cycle VIII, $S_{0:3}$, $S_{0:4}$ and $S_{0:5}$ progenies were assessed in two locations, and $S_{0:2}$ was assessed in only one location. In all generations, estimates of the genetic and phenotypic parameters were obtained. Average data of 47 $S_{0:3}$ and $S_{0:4}$ progenies of the CV were used, which was previously obtained, and an equal number of $S_{0:3}$ and $S_{0:4}$ progenies of the CVIII were also used to estimate the genetic progress. For that reason, combined analysis of variance of the two cycles was carried out, using the two common controls as a reference. It was found that the estimated genetic progress for upright growth behavior between CV and CVIII is 1.62% per cycle. The selection made for plant architecture indirectly contributed to genetic progress in bean grain yield of 6.81% per cycle. After the eight selection cycles, the population that is being subjected to recurrent selection still has sufficient genetic variability for continuity of genetic progress with selection for both traits.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Genetic progress. Plant breeding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Principais hábitos de crescimento dos cultivares de feijoeiro.....	18
Figura 2	Distribuição das frequências da média de progênies $S_{0:2}$ para os caracteres porte (A) e produtividade de grãos (B), em Lavras-MG.....	47
Figura 3	Distribuição das frequências da média das 98 progênies $S_{0:3}$ mais as duas testemunhas BRS Supremo, BRS Majestoso, e a média geral das progênies, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG, para notas de porte (A) e produtividade de grãos (B)	50
Figura 4	Distribuição das frequências na média das 47 progênies $S_{0:4}$ mais as duas testemunhas BRS Supremo, BRS Majestoso, e a média geral das progênies, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG, para notas de porte (A) e produtividade de grãos (B)	53
Figura 5	Distribuição das frequências da média das notas de porte das 47 progênies comuns entre as gerações de avaliação $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, dos ciclos CV e CVIII do programa de seleção recorrente para arquitetura ereta de plantas	59
Figura 6	Distribuição das frequências da média de produtividade das 47 progênies comuns entre as gerações de avaliação $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, dos ciclos CV e CVIII do programa de seleção recorrente para arquitetura ereta de plantas	2

LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1	Escala de notas utilizadas na avaliação do porte da planta	39
Tabela 1	Cronologia do programa de seleção recorrente em feijoeiro visando à obtenção de linhagens com arquitetura ereta, elevada produtividade e alta qualidade de grãos, a partir do quinto ciclo seletivo.....	37
Tabela 2	Detalhes experimentais da avaliação das progênies do oitavo ciclo de seleção recorrente	38
Tabela 3	Resumo da análise de variância da produtividade (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação de progênies $S_{0,2}$ em Lavras - MG, com semeadura na safra de inverno de 2011	45
Tabela 4	Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação das progênies $S_{0,3}$ na safra das águas de 2011, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG.....	48
Tabela 5	Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação das progênies $S_{0,4}$ na safra da seca de 2012, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG.....	51
Tabela 6	Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação das progênies $S_{0,5}$ na safra de inverno de 2012, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG.....	54
Tabela 7	Médias dos caracteres de grãos e notas de porte (1 a 9) das 14 progênies mais duas testemunhas avaliadas na geração $S_{0,5}$, em Lavras - MG, com semeadura na safra da inverno de 2012	54

Tabela 8	Estimativas de herdabilidade das gerações de avaliação $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, do CVIII, para as características produtividade de grãos e porte, em Lavras - MG, Patos de Minas - MG, e da análise conjunta entre os locais.....	56
Tabela 9	Relação das progênies avaliadas considerando a análise tendo $S_{0:4}$ como a geração de referência, considerando a análise conjunta das progênies comuns avaliadas de $S_{0:2}$ à $S_{0:4}$ e considerando a análise com recuperação de informação para efeito aleatório de progênies envolvidas nas avaliações das gerações $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ (BLUPT)	57
Tabela 10	Análise de variância combinada (utilizando testemunhas comuns) para porte e produtividade de grãos em kg/ha	57
Tabela 11	Estimativas do progresso genético por ciclo, obtidos com a seleção recorrente para porte ereto e elevada produtividade de grãos	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Caracteres Associados com a Arquitetura do Feijoeiro	17
2.2	Controle genético dos caracteres associados ao porte do feijoeiro	21
2.3	Seleção recorrente	26
2.4	Emprego da seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro	32
2.5	Programa de seleção recorrente realizado na ufla, para obtenção de linhagens com arquitetura ereta, alta produtividade e qualidade de grãos na cultura do feijoeiro	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Condução do Programa de Seleção Recorrente do CV ao CVIII	37
3.2	Avaliação das progênies $S_{0:2}$, $S_{0:3}$, $S_{0:4}$ e $S_{0:5}$ do CVIII	37
3.2.1	Locais:	37
3.2.2	Épocas de avaliação das progênies	38
3.3	Detalhes dos experimentos de avaliação das progênies	38
3.4	Análise dos dados obtidos	39
3.5	Análise para a identificação das melhores progênies $S_{0:5}$	41
3.6	Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos	41
3.6.1	Herdabilidade para seleção na média das progênies envolvendo um local:	41
3.6.2	Herdabilidade para seleção na média das progênies envolvendo os dois locais:	43
3.7	Estimativa do progresso genético com a seleção recorrente	43
4	RESULTADOS	45

4.1	Avaliação de progênies derivadas do CVIII	45
4.2	Estimativa do progresso genético envolvendo o CV e CVIII de seleção recorrente	57
5	DISCUSSÃO	62
6	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	68
	ANEXOS	784

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro vem passando por enormes mudanças no Brasil. Muito embora existam ainda inúmeros produtores de feijão tipicamente de agricultura familiar, grande parte da produção atual é proveniente de grandes empresas rurais. A demanda por novas cultivares que associem maior produtividade de grãos, dentro do padrão comercial, especialmente do tipo carioca e plantas com arquitetura mais ereta é constante.

Plantas com o porte mais ereto atendem aos anseios dos empresários rurais e também dos agricultores familiares; isso porque as plantas mais eretas possuem algumas vantagens, tais como: i) facilidade no manejo da cultura, especialmente nas operações de cultivo mecânico, adubação em cobertura, aplicação de defensivos, e na colheita mecanizada quando for o caso, pois possibilita a mais fácil locomoção dos implementos sem danificar as plantas; ii) redução de perdas na colheita, com grãos de melhor qualidade; pois as vagens das plantas eretas não encostam no solo úmido e, desse modo, não apodrecem; se a colheita coincidir com períodos de chuva prolongados, é possível retardá-la com menor prejuízo; iii) menor incidência de alguns patógenos; plantas eretas facilitam a circulação do ar, proporcionando uma condição menos favorável a alguns patógenos.

Os estudos do controle genético da arquitetura da planta têm demonstrado que há vários caracteres morfológicos envolvidos na expressão fenotípica da arquitetura do feijoeiro, tais como, hábito de crescimento, comprimento da haste principal, número e comprimento dos entrenós, altura da planta, número e ângulo de ramificações, distribuição das vagens, diâmetro do hipocótilo e *staygreen* (TEIXEIRA; RAMALHO; ABREU, 1999). Na prática, o que tem sido mais amplamente utilizado é um índice, denominado nota de porte que é avaliado visualmente.

A maior dificuldade encontrada pelos melhoristas na obtenção das linhagens que associem planta ereta, com alta produtividade de grãos comerciais, é o grande número de genes envolvidos no controle desses caracteres e a influência do ambiente na expressão desses caracteres (RAMALHO et al., 2012). Por essa razão, é impossível obter sucesso em um único ciclo seletivo. A principal alternativa é o emprego da seleção recorrente (HALLAUER, 1992), isto é, um processo cíclico e dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação (GERALDI, 2005).

Uma das restrições ao emprego da seleção recorrente é a demora na obtenção de cada ciclo seletivo quando se avalia e recombina progênies. Uma alternativa é a seleção fenotípica - massal - que é recomendada para caracteres que apresentam alta herdabilidade. O emprego da seleção recorrente fenotípica - massal - em plantas autógamas é pouco frequente. No caso da seleção recorrente visando à obtenção de plantas mais eretas e o possível efeito dessa seleção na produtividade de grãos não foi encontrado nenhum relato na literatura.

Do exposto, foi realizado o presente trabalho, com o objetivo de avaliar a eficiência da seleção recorrente massal para porte ereto no feijoeiro, o efeito dessa seleção na produtividade de grãos e verificar se ainda existe variabilidade na população que está sendo submetida à seleção recorrente, utilizando informações obtidas no ciclo cinco (CV) e no ciclo oito (CVIII) do referido programa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracteres Associados com a Arquitetura do Feijoeiro

Os programas de melhoramento que buscam um ideótipo para arquitetura do feijoeiro devem levar em consideração algumas características morfológicas que, em conjunto contribuem para que a planta seja ereta ou prostrada. Por isso é indispensável o conhecimento sobre a morfologia da espécie. A planta de feijão é composta de partes distintas; raiz, caule ou haste principal, folhas e hastes axilares, inflorescências, frutos e sementes (SANTOS; GAVILANES, 2006).

O sistema radicular é formado por uma raiz principal, na qual se desenvolvem lateralmente, as raízes secundárias, terciárias, além da presença de pelos absorventes. O caule é herbáceo, classificado morfológicamente como haste, é constituído de nós e internódios, de número variável e dependente do hábito de crescimento (LEON, 1968). O primeiro nó corresponde aos cotilédones, o segundo nó as folhas primárias e a partir do terceiro nó as folhas trifoliadas. O maior ou menor desenvolvimento do caule, a duração e o grau de lignificação são os que mais influenciam no aspecto vegetativo da planta (SANTOS; GAVILANES, 2006).

O feijão apresenta dois tipos de folhas: simples e compostas. As folhas simples são as primeiras a serem formadas, são apenas duas e apresentam filotaxia oposta e formato cordiforme. Elas caem antes do total desenvolvimento das plantas. As folhas compostas são trifoliadas, dispostas alternadamente no caule e possuem: estípulas, pecíolo, raque, peciólulo, pulvínulos e lâmina foliar composta (SANTOS; GAVILANES, 2006).

O hábito de crescimento pode ser determinado ou indeterminado. As plantas de hábito determinado desenvolvem uma inflorescência no ápice das

hastes laterais e principal, e o florescimento ocorre do ápice para a base. Já nas plantas de hábito indeterminado o florescimento é da base para o ápice. A classificação do hábito de crescimento depende além do florescimento, também do comprimento dos internódios ao longo da haste principal, número de nós, intensidade de ramificação lateral e a habilidade trepadora da planta. Com base nisso as cultivares são classificadas em quatro tipos de hábito de crescimento: I, II, III e IV (SINGH, 1982; VOYEST; DESSERT, 1993).

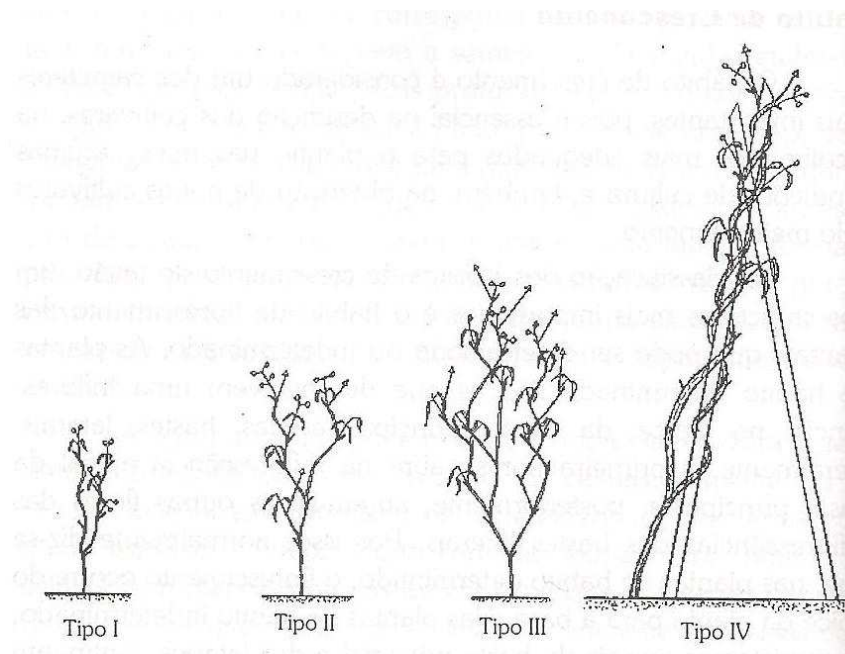


Figura 1 Principais hábitos de crescimento dos cultivares de feijoeiro
Fonte: (SANTOS; GAVILANES, 2006)

As cultivares do tipo I possuem hábito de crescimento determinado e arbustivo e têm internódios mais curtos, geralmente florescem e amadurecem durante um menor período do que os outros tipos. As cultivares dos tipos II, III e IV são todas de hábito indeterminado.

Plantas do tipo II possuem geralmente mais de 12 nós na haste principal. O tipo IIa corresponde às plantas eretas e arbustivas, e o IIb, às semitrepadoras. As hastes das plantas do tipo III são mais desenvolvidas do que a das plantas tipo II, possuem maior número de nós e o comprimento dos internódios é ligeiramente maior. O hábito de crescimento IV é o das plantas com grande capacidade trepadora. Nas cultivares desse tipo o período de florescimento é o mais amplo.

Quando as vagens se distribuem por toda planta tem-se o tipo IVa, e, quando apresentarem maior concentração de vagens na parte superior, são denominadas tipo IVb. As cultivares tipo IV necessitam de tutoramento para expressar a máxima produtividade. Genchev (2012), por meio da descrição dos principais parâmetros de importância para a colheita direta, coloca o hábito de crescimento do tipo IIa com planta ereta como sendo ideal, associado a vagens não deiscentes e fáceis de serem colhidas e, também, a utilização de equipamentos de colheita apropriados.

O tamanho das folhas tem grande influência no porte da planta, principalmente em cultivares mesoamericanas. Frequentemente folhas menores são associadas a plantas de porte ereto e grãos pequenos e as folhas grandes são associadas a grãos maiores, o que está relacionado com a dificuldade em se obter plantas eretas com grãos maiores (KELLY; ADAMS, 1987). Apesar da maioria das plantas eretas possuírem grãos pequenos, é possível obter linhagens com arquitetura desejável e grãos com tamanho comercial (COLLICCHIO; RAMALHO; ABREU, 1997).

As primeiras descrições da biologia floral e reprodução do feijoeiro no Brasil foram feitas por Vieira (1967). Mais recentemente, Santos e Gavilanes (2006) descreveram, de forma detalhada, a inflorescência do feijoeiro como sendo um conjunto de flores agrupadas em racemos, que nascem nas axilas das folhas a partir de gemas floríferas e, mais raramente, de gemas mistas.

O fruto do feijão é um legume (vagem), possui um só carpelo, seco deiscente, zigomorfo, geralmente alongado e comprimido, com as sementes em uma fileira central. A vagem é aplanada, reta ou encurvada, com ápice encurvado ou reto. A coloração varia de acordo com a cultivar, de verde a arroxeada (SILVA, 2012). A inserção das vagens também é um fator que afeta a arquitetura da planta. Vagens grandes e com baixa inserção, na colheita mecanizada, afetam o corte da colhedora, aumentando as perdas devido aos danos a primeira vagem. Para se obter plantas eretas e adaptadas à colheita mecanizada deve-se selecionar plantas para inserção mais alta da vagem.

No período de 1960 a 1990, a obtenção da planta ideal (ideótipo), recebeu grande atenção dos pesquisadores em todo o mundo (DONALD, 1968; RASMUSSEN, 1987). No caso do feijoeiro, Adams (1973) estabeleceu um modelo de planta ideal que, posteriormente, foi “aperfeiçoado” (KELLY, 2001). A planta ideal deveria ter o eixo central contendo uma haste principal com um mínimo de ramos eretos, robusto, de diâmetro grande e com numerosos nós e internódios superiores de comprimento médio; racemos axilares a cada nó, com muitas flores e pedúnculo curto, e com comprimento total não muito grande; folhas numerosas, pequenas, de orientação vertical, com numerosas e pequenas células do mesófilo e alto índice estomatal; vagens longas e com muitas sementes, que apresentem maturação uniforme; sementes tão grandes quanto possível, dentro do padrão comercial; hábito de crescimento determinado, ereto e estreito; taxa de crescimento com rápida acumulação da área foliar ótima e rápido estabelecimento das estruturas nutricionais e longo período do florescimento à maturação.

O modelo de planta ideal aperfeiçoado por Kelly (2001), já sofreu algumas alterações de acordo com as exigências atuais. Com a escassez de mão de obra no meio rural, a utilização da colheita mecânica tem-se intensificado no Brasil nos últimos anos. Independente do implemento utilizado, o modelo de

planta apropriado envolve: planta bem ereta, especialmente até o início do florescimento, com crescimento indeterminado, e dessa forma, durante o florescimento, produza grande quantidade de ramos na parte superior da planta. Essa ramificação na parte superior da planta é indispensável para facilitar a operação de recolher as plantas no momento da colheita com menor perda possível. As vagens devem ter inserção o mais alto possível. Devem também ter boa resistência ao impacto da colhedora, evitando deiscência, o que acarreta perda de grãos. É evidente que esse modelo de planta deve estar associado à boa produtividade de grãos e dentro do padrão comercial.

2.2 Controle genético dos caracteres associados ao porte do feijoeiro

O entendimento do controle genético desses caracteres é premissa básica para o desenvolvimento de um programa de melhoramento que almeje a obtenção de uma cultivar de porte ereto. Dessa forma, diversos autores desenvolveram pesquisas a fim de esclarecer o controle associado aos caracteres envolvidos na determinação da arquitetura da planta de feijoeiro. Tem-se observado a predominância da ação gênica aditiva em relação à de dominância para a maioria dos caracteres (KORNEGAY; WHITE; CRUZ, 1992; NIENHUIS; SINGH, 1986; SANTOS; VENCOVSKY, 1986; TEIXEIRA; RAMALHO; ABREU, 1999).

A arquitetura depende da expressão de alguns caracteres morfológicos, dessa forma, os programas de melhoramento que buscam um ideótipo para arquitetura do feijoeiro devem levar em consideração algumas características morfológicas (GAVILANES, 1995), como hábito de crescimento, presença de guia, diâmetro e o comprimento de entrenós, altura da planta, inflorescência, comprimento da haste principal, *staygreen* e tamanho do grão.

Quanto ao hábito de crescimento, o controle genético é realizado por um único gene (*Fin*), cujo alelo dominante é responsável pelo hábito indeterminado (BASSET, 1997; KOINANGE; SINGH; GEPTS, 1996; LEAKEY, 1988). Porém, avaliando a geração F₁ resultante do cruzamento de linhagens de hábito de crescimento determinado e indeterminado, Singh, Munos e Terán (1996) obtiveram resultados contraditórios, isto é, o alelo dominante seria o responsável pelo hábito de crescimento determinado; MacClean et al. (2002) e Tar'an, Michaels e Pauls (2002) sugerem a existência de múltiplos genes controlando o hábito de crescimento no feijoeiro, com base em mapeamento do referido gene em diferentes grupos de ligação.

A presença de guia é uma característica acentuada em plantas que possuem o hábito de crescimento indeterminado, também é uma característica monogênica, cujo gene foi designado *Tor* (BASSET, 2004), com dominância do alelo que condiciona a sua formação (LEAKEY, 1988). Kretchmer, Laing e Wallace (1979) caracterizaram a presença de guia quando esta se enrola a 360° em um suporte, cuja capacidade atribuíram ao efeito de um gene com alelo dominante em relação ao hábito arbustivo, que simbolizaram como *Cl*, provavelmente o mesmo gene *Tor*. Guner e Myers (2001), com o objetivo de estudar o controle genético de um mutante de hábito de crescimento indeterminado que possui ramos laterais quase que ausentes, resultando em plantas de porte ereto com haste simples, identificaram um único gene, simbolizado *top* (*Topiary*), em que o alelo recessivo é responsável pela expressão do caráter.

Estudando o controle genético do comprimento da haste principal e do número e comprimento de entrenós da haste principal, Nienhuis e Singh (1986) e Santos e Vencovsky (1986) mostraram que há predominância do efeito aditivo. Singh (1991) verificou que o comprimento da haste deve ser controlado por um gene com a ação de genes modificadores. Os estudos de Norton (1915)

mostraram que existe um gene determinando o tamanho do entrenó, esse gene foi simbolizado *l*, do inglês *length*. Contudo o autor apontou necessidade de maiores estudos para o completo entendimento do caráter.

Trabalhando com genótipos que possuíam entrenós relativamente curtos, Lamprecht (1947) reconheceu dois genes, cujos alelos recessivos estariam envolvidos na determinação do fenótipo anão. Os genes foram simbolizados por *cry* e *la*, símbolos dados aos genes que controlam o nanismo em ervilha (*Pisum sativum*). Mais tarde, Lamprecht (1961) descreveu um novo gene, designado *ico* (*internodacontracta*), em que o alelo recessivo atuaria promovendo a redução do tamanho do entrenó. Segundo Leakey (1988) a possibilidade do gene *ico* ser sinônimo dos genes *cry* e *la* revela a necessidade de novos estudos para confirmar os trabalhos de Lamprecht.

A fim de obter maiores informações a respeito do controle genético dos caracteres associados à arquitetura da planta, Teixeira, Ramalho e Abreu (1999) avaliaram diferentes gerações de populações segregantes resultantes do cruzamento de indivíduos de hábito de crescimento II e III. Dados de plantas individuais de cada geração foram coletados para avaliação do grau de ramificação, comprimento do 4º ao 7º entrenó e altura de inserção da primeira vagem. As estimativas de herdabilidades, no geral, foram de pequena magnitude e associadas a erros elevados, exceto para o caráter comprimento do 4º ao 7º entrenó, com valores de herdabilidade bem superiores aos dos demais caracteres. Uma escala de notas também foi atribuída ao porte, o comprimento do entrenó foi o que explicou a maior parte da variação na arquitetura, com predominância de efeito aditivo no controle do caráter.

Tem sido observado que muitas cultivares de porte ereto apresentam senescência tardia do caule e das folhas em relação às vagens (*staygreen*), tornando-se, portanto, uma característica alvo de estudo quando se trata do melhoramento visando plantas de porte ereto. Aguiar, Ramalho e Júnior (2000)

avaliaram plantas individuais e famílias resultantes do cruzamento de duas cultivares contrastantes quanto ao caráter *staygreen*, constatou-se que houve predominância dos efeitos dominantes e que o controle do caráter deve ser oligogênico, com influência do ambiente na manifestação do caráter, A estimativa do número de genes envolvidos no controle do caráter foi de 1,4 a 5,1. Outro ponto importante é que as estimativas das correlações genéticas e fenotípicas entre o caráter *staygreen* e a produtividade de grãos foram de pequena magnitude, permitindo inferir que dois caracteres devem ser independentes.

A produtividade de grãos é o caráter com mais repercussão no melhoramento do feijoeiro. Certamente não devem existir genes específicos para esse caráter. A produtividade é um índice que depende de praticamente todos os demais caracteres da planta. Assim, no controle genético da produtividade está a maioria dos genes responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das plantas. Com relação à ação gênica para a produtividade, os resultados encontrados na literatura não são totalmente coincidentes. Carneiro et al. (2002) menciona que isso ocorre em função de alguns fatores, tais como: metodologia utilizada, cultivares envolvidas, manejo da cultura e interação genótipos por ambientes. Existem evidências de que a variância aditiva é o principal componente da variância genética, quando o plantio é feito na densidade normal da cultura, onde a competição entre plantas é maior (ABREU, 1989).

A predominância da interação alélica aditiva no controle genético da produtividade de grãos do feijoeiro foi também constatada em outros trabalhos (ABREU et al., 1990; NIENHUIS; SINGH, 1988; RAMALHO; SANTOS; PEREIRA FILHO, 1988). Em um trabalho conduzido por Santos, Vencovsky e Ramalho (1985), utilizando um dialelo envolvendo plantas F_2 , verificou-se que a variância genética aditiva foi predominante no controle da produtividade de grãos em Lavras, já em Patos de Minas, houve tendência da presença de

dominância. A existência de heterose também é mencionada em algumas oportunidades (ABREU, 1997; MENDONÇA; SANTOS; RAMALHO, 2002; NIENHUIS; SINGH, 1986). Checa e Blair (2012) também verificaram que o potencial de rendimento de grãos do feijoeiro não está bem compreendido, e através do cruzamento do feijoeiro de hábito trepador G2333 com o feijoeiro de hábito arbustivo G19839, determinaram os locos de características quantitativas (*QTLs*) que controlam a produtividade de grãos, e encontraram um total de apenas quatro *QTLs*.

A literatura possui inúmeros trabalhos que, por meio dos componentes de médias ou variâncias, procuram obter informações a respeito do controle genético da produção de grãos. Moreto et al. (2007) apresenta revisão relatando que as estimativas de herdabilidade apresentam ampla variação, porém, normalmente ela é inferior a 50%. Carneiro et al. (2002) também evidenciaram a maior dificuldade no melhoramento de caracteres controlados por muitos genes, como é o caso da produtividade de grãos. Em um levantamento realizado, considerando apenas experimentos de avaliação de famílias oriundas de populações segregantes na cultura do feijoeiro, o autor mostra uma ampla variação para as estimativas de herdabilidade obtidas, variando entre 11 e 71%, o que é esperado, uma vez que a herdabilidade é influenciada pelas condições ambientais onde foram realizados os experimentos, pela diversidade da população, pela precisão experimental, entre outros.

O tamanho do grão também tem sido uma característica muito relacionada à arquitetura da planta, pois é difícil associar, em uma linhagem, porte ereto e grão com tamanho comercial. A maioria das cultivares de porte ereto possui grãos pequenos, o que tem dificultado a aceitação no mercado. No entanto, os genes que controlam esses caracteres não estão ligados, apesar de grande associação entre arquitetura da planta e o tamanho da semente, sendo

possível obter linhagens com arquitetura desejável e grãos com tamanho comercial (BROTHERS; KELLY, 1993; KORNEGAY; WHITE; CRUZ, 1992).

Fato semelhante foi constatado por Collichio et al. (1997). Os autores inferiram que os genes envolvidos no controle genético do porte das plantas não são ligados e/ou pleiotrópicos aos envolvidos no controle genético do tamanho dos grãos. Dessa forma, não haveria restrição em se obter plantas eretas com qualquer tamanho de grãos.

2.3 Seleção recorrente

A escolha de um método de melhoramento adequado é de fundamental importância, principalmente quando se trata de um caráter quantitativo e de baixa herdabilidade (MELO; SANTOS; FERREIRA, 2004). A seleção recorrente foi inicialmente proposta para as plantas alógamas (HALLAUER, 1992), mas o seu emprego tem se intensificado em várias espécies autógamas, tais como em arroz (RANGEL; ZIMMERMANN; NEVES, 1998), aveia (DE KOEYER; PHILLIPS; STUTHMAN, 1999), feijão (RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2005), trigo (WANG et al., 1996) e soja (UPHOFF; FEHR; CIANZIO, 1997; WILCOX, 1998).

Como a maioria dos caracteres de importância econômica é de natureza quantitativa, ou seja, controlada por vários genes e, normalmente, o melhorista considera mais de um caráter no processo de seleção, a probabilidade de se obter uma única linhagem que acumule todos os alelos favoráveis em um único ciclo seletivo torna-se muito pequena. Dessa forma, o modo de reunir o maior número de alelos favoráveis em uma linhagem é por meio de sucessivos ciclos de seleção e recombinação das melhores famílias, ou seja, seleção recorrente (RAMALHO et al., 2013).

A seleção recorrente é assim definida como qualquer sistema designado para aumentar gradativamente a frequência dos alelos desejáveis para uma característica quantitativa, por meio de repetidos ciclos de seleção e posterior recombinação (HALLAUER, 1992). Outra definição proposta por Geraldi (2005), diz que a seleção recorrente pode ser definida como um processo de ciclos sucessivos de seleção de indivíduos e/ou progênies superiores de uma população, seguida pela recombinação dos (as) selecionados (as) para formar uma nova população, o processo visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, sem reduzir a variabilidade genética, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e recombinação.

Existem vários argumentos que mostram a importância de se realizar a seleção recorrente. Um deles foi apresentado por Bernardo (2002). Ele utilizou as informações da seleção para teor de óleo e proteína no milho, iniciada em 1896 em Illinois. Após 90 ciclos seletivos o ganho para óleo foi de 22 desvios aditivos e para proteína de 26. Segundo o autor esse ganho foi obtido nos 90 ciclos, após analisar 7000 espigas de milho. Se essas mesmas 7000 espigas tivessem sido avaliadas no ciclo zero (C_0) e a melhor espiga sendo selecionada, o ganho com a seleção seria de apenas 3,6 desvios aditivos em relação à média de C_0 , mesmo considerando a herdabilidade de 100% como o próprio autor salienta. Esses resultados ilustram com um dado real o poder de ciclos seletivos de seleção, a seleção recorrente.

Na literatura são descritos outros argumentos clássicos para se realizar a seleção recorrente (FOUILLOUX; BANNEROT, 1988; GERALDI, 2005; RAMALHO; ABREU; SANTOS, 2001), apontando como vantagens: a obtenção de maior variabilidade genética oriunda dos inter cruzamentos; a oportunidade para a ocorrência de recombinações, devido aos inter cruzamentos sucessivos; o aumento das frequências dos alelos favoráveis, devido a um processo repetitivo

de seleção e a facilidade para incorporação de germoplasma exótico na população.

O processo de seleção recorrente é constituído de três etapas básicas: obtenção da população base, avaliação e recombinação das progênes selecionadas para formar o próximo ciclo. Um programa de seleção recorrente se inicia com a escolha dos parentais, etapa que merece máxima atenção do melhorista, pois dela depende todo o sucesso futuro.

O que se deseja na obtenção da população base é ter uma população que associe média alta e a maior variabilidade genética possível para obtenção de ganho com a seleção. A média alta implica envolver genitores que sejam bem adaptados. Já a variância alta, que os genitores se complementem. O número de genitores a serem envolvidos na formação da população base é um dilema para os melhoristas.

Se for grande, a probabilidade de encontrar todos os genitores com boa expressão para o caráter é muito pequena. Além do mais, mesmo que isso fosse viável, a contribuição dos alelos de cada parental seria tão pequena, que a maioria seria perdida após os primeiros ciclos seletivos. Se o número for muito pequeno, a probabilidade de associar a maioria dos alelos favoráveis, para o caráter em questão, é também pequena. Para plantas autógamas, é aconselhável utilizar 10 a 20 genitores para a formação da população base (VIEIRA et al., 2005). Nesse caso, obter boa variabilidade e manter na população os alelos de todos os genitores é relativamente fácil, principalmente se a recombinação for bem feita.

A etapa de recombinação em plantas autógamas pode ser feita manualmente ou utilizando macho esterilidade, quando for possível. O emprego de macho esterilidade tem sido preconizada na literatura (MORAIS; CASTRO; SANT'ANA, 1997; RANGEL; NEVES, 1997). Em espécies como o feijoeiro, a utilização da macho esterilidade é possível, porém, algumas dificuldades são

encontradas, como o pólen que não se dispersa naturalmente e a difícil identificação e manutenção das plantas macho estéreis. Contudo, para a maioria das espécies, as hibridizações podem ser realizadas manualmente produzindo o número de sementes híbridas necessárias e de modo mais eficiente, já que manualmente os cruzamentos podem ser direcionados.

Uma alternativa para a obtenção da população base, com base na realização de cruzamentos múltiplos é a metodologia proposta por Bearzoti, descrita por Ramalho, Abreu e Santos (2001). Nesse esquema, os genitores são cruzados através de um dialelo circulante, em que cada um deles participa de dois cruzamentos. Eles são direcionados de forma que, nos sucessivos intercruzamentos, a contribuição de cada genitor seja a mesma. Considerando 20 genitores, por exemplo, em cada intercruzamento, 20 populações híbridas serão obtidas. Contudo, a melhor opção é proceder às hibridações direcionadas simultaneamente com o processo de seleção, isto é, não obter a população base para só depois iniciar a seleção. Independente de qual dos procedimentos utiliza-se na recombinação, existe a vantagem adicional da introdução de uma nova linhagem - genitor, em substituição a algum outro que mostrou pequena capacidade de combinação, isto é, que não produz boas progênes em cruzamento. Pode-se também adicionar uma ou mais linhagens sem retirar nenhuma progênie identificada na etapa anterior. Essa estratégia permite maior dinamismo à seleção recorrente por possibilitar que linhagens de outros programas sejam incorporadas a qualquer momento no programa.

A seleção de plantas individuais, ou seleção massal, é aconselhável para aqueles caracteres que possuem herdabilidade alta. Esse procedimento foi utilizado por Silva, Ramalho e Abreu (2007) na seleção recorrente para o número de dias para o florescimento do feijoeiro, visando à redução do ciclo. Procedimento semelhante tem sido utilizado também no feijoeiro para a obtenção de plantas de porte mais ereto.

A grande vantagem da seleção de plantas individuais é que acelera o processo de seleção recorrente. No caso do florescimento precoce, por exemplo, o ciclo de seleção recorrente durava apenas uma safra. Como na região o feijoeiro pode ser semeado por três safras em um ano, é possível conduzir três ciclos de seleção recorrente em um ano.

Quando o caráter tem herdabilidade baixa, a seleção individual não é eficiente. É necessário efetuar a avaliação das progênies. Pode-se avaliar progênies $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ ou qualquer outra geração antes da seleção para o intercruzamento. Na literatura os procedimentos empregados são os mais diversificados possíveis. Tomando como referência o feijoeiro, têm sido avaliadas as gerações $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$. Como a geração $S_{0:1}$ é oriunda de uma planta S_0 , a quantidade de sementes é insuficiente para a condução de experimentos com mais de duas repetições e mais locais. Por isso, nessa avaliação a intensidade de seleção deve ser bem branda. Já na geração $S_{0:2}$ há maior disponibilidade de sementes e os experimentos podem ser com mais repetições e mais locais. A proposta é a avaliação em três locais com três repetições por local. Após a análise são selecionadas, normalmente, as 20 melhores progênies para serem recombinadas (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005).

O número de progênies utilizadas nas avaliações tem uma variação muito ampla. Contudo, há preocupação em avaliar maior número de progênies, para se poder aplicar forte intensidade de seleção, sem reduzir o tamanho efetivo. Um aspecto muito importante a respeito da avaliação das progênies é a necessidade de boa precisão experimental. Isso porque, o sucesso da seleção recorrente depende fundamentalmente de que as progênies recombinadas sejam as melhores. Para efetivamente identificar as melhores, é preciso ter boa precisão experimental.

Uma das críticas feitas ao emprego da seleção recorrente é a demora no processo. Em realidade é uma crítica infundada, pois a cada ciclo pode-se obter

linhagens melhores e o tempo para se atingir esse objetivo é o mesmo de qualquer processo de melhoramento que envolva hibridações. Nesse aspecto, é preciso enfatizar que em plantas autógamas, uma vez identificadas as progênies para a recombinação, a endogamia continua com as progênies inter cruzadas e outras que não estiveram envolvidas na recombinação, mas que são promissoras. Esse processo continua por sete a oito gerações, até se obterem linhagens.

Nesse caso da condução das progênies, com avaliação e seleção até atingir a endogamia há possibilidade de se utilizar grande número de gerações, em alguns ambientes, o que evidentemente aumenta a chance de se identificar as linhagens boas com maior eficiência. Nessa situação, como o número de progênies vai reduzindo a cada ciclo e o número de ambientes de avaliação é também variável, o emprego dos modelos mistos aumenta a eficiência da seleção (BRUZI, 2008).

A etapa de recombinação das progênies selecionadas é a etapa mais fácil da seleção recorrente. O sucesso está em identificar as progênies realmente superiores para serem inter cruzadas, como já comentado. O processo é dinâmico e pode-se, a qualquer inter cruzamento, introduzir novas linhagens. Nesse sentido devem ser escolhidas as linhagens ou cultivares mais adaptadas e de diferentes origens. Linhagens exóticas ou pouco adaptadas podem aumentar a variabilidade, porém, reduzem a média populacional. Caso seja necessária a inclusão de linhagens mal adaptadas, um programa de retro cruzamento deve ser conduzido à parte e só depois que seus descendentes apresentarem níveis satisfatórios de adaptação é que devem ser incluídos no inter cruzamento.

Para que os melhoristas possam inferir se a estratégia de seleção está correta ou se há necessidade de alguns ajustes, o progresso genético com a seleção recorrente deve ser obtido periodicamente. Existem algumas alternativas para se avaliar esse progresso em plantas autógamas, discussão a esse respeito foi apresentada por Ramalho et al. (2012). Uma delas é avaliar linhagens que são

obtidas ao final de cada ciclo seletivo. Um segundo procedimento seria comparar progênies de qualquer geração, em que as progênies representem uma boa amostra da população, essa metodologia tem a vantagem do melhorista não necessitar conduzir experimentos específicos com essa finalidade, porém, devem-se ter duas ou mais testemunhas comuns. Assim procedendo, pode-se realizar a análise de variância combinada, utilizando as testemunhas comuns como medida do ajuste experimental, como foi realizado neste trabalho. A comparação das médias ajustadas das progênies dos diferentes ciclos possibilita estimar o progresso.

No caso de plantas autógamas, já existem vários resultados que comprovam a sua eficiência quando se considera apenas um caráter (WIERSMA et al., 2001; HOLLAND et al., 2000), e já foi constatado progresso genético com a seleção recorrente quando são considerados mais de um caráter simultaneamente. Menezes Júnior, Ramalho e Abreu (2008), verificaram que o progresso genético com foi de 3,1% por ciclo, considerando a produtividade, a arquitetura da planta e o tipo de grão, simultaneamente.

2.4 Emprego da seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro

O melhoramento genético do feijoeiro, ao longo dos anos, vem desenvolvendo novas cultivares que se adaptam a diferentes regiões e sistemas de cultivo, com elevada produtividade de grãos, resistente e/ou tolerantes a doenças, pragas e a condições adversas de meio ambiente, com boa qualidade comercial, culinária e nutritiva dos grãos, dentre outras características. Dessa forma, por meio da dedicação, persistência e percepção de problemas futuros por parte dos melhoristas, o Brasil é, atualmente, o maior produtor mundial dessa leguminosa que possui um papel social de extrema importância neste país.

Apesar do enorme sucesso obtido pelos programas de melhoramento do feijoeiro nos últimos anos, a pressão para se obter linhagens mais produtivas, associadas às necessidades de melhoria no manejo e às exigências por parte do consumidor em relação ao tipo de grão é constante. Esse fato faz com que os melhoristas de feijão tenham que manusear em conjunto um grande número de caracteres que estão associados à arquitetura da planta e ao tipo de grão.

Esses caracteres, como já mencionado, são controlados por um grande número de genes. Dessa forma, como já enfatizado, é impossível obter linhagens que atendam a essas exigências em um único ciclo seletivo. Por isso, faz-se necessária a condução de ciclos contínuos de seleção, isto é, utilizar a seleção recorrente. O progresso genético com a seleção recorrente deve ser obtido periodicamente. Desse modo, os melhoristas podem inferir se a estratégia de seleção está correta ou se há necessidade de alguns ajustes.

Na cultura do feijoeiro, a seleção recorrente tem sido utilizada visando à melhoria de vários caracteres. Sullivan e Bliss (1983) verificaram aumento de 21,9% e 24,6% na porcentagem de proteína da semente de feijão após dois ciclos de seleção. Visando à obtenção de cultivares resistentes ao mofo branco, Lyons, Dickson e Hunter (1987) realizaram três ciclos de seleção recorrente. Os resultados mostraram aumento na resistência, tendo o ganho genético obtido do ciclo inicial (C_0) ao terceiro ciclo (C_2) sido de 50% quando se utilizou o tamanho da lesão na haste principal para se avaliar a resposta à doença e de 31% usando escala de notas.

Com o objetivo de selecionar linhagens resistentes a doenças causadas por patógenos do solo (*Pythium* spp, *Rhizoctoniasolani*, *Macrophominaphaseolinae* *Fusarium* spp.), Garcia et al. (2003) realizaram dois experimentos de campo em que avaliaram a taxa de sobrevivência e a produtividade das melhores linhagens provenientes do terceiro, quinto e sexto ciclo de seleção recorrente massal iniciando em 1998, na região de

Mixteca, México. Mesmo não sendo o objetivo principal deste programa de seleção recorrente à obtenção de genótipos resistentes à doença do solo, observou-se um aumento progressivo na produção e na porcentagem de sobreviventes à medida que se avançaram os ciclos seletivos. As sete linhagens selecionadas no sexto ciclo de seleção apresentaram produtividade média superior a 1400 kg/ha e taxa de sobrevivência superior a 89%, enquanto as sete linhagens parentais apresentaram produtividade média inferior a 200 kg/ha e taxa de sobrevivência inferior a 80%, das quais quatro tiveram taxa de sobrevivência inferior a 20%.

Para estudarem a capacidade da seleção recorrente para gerar cultivares de feijão com alta capacidade de fixação de nitrogênio (N_2), Barron et al. (1999), após três ciclos de seleção, observaram que progênies do terceiro ciclo (C_2) foram, em média, 11% mais produtivas que as do primeiro ciclo (C_0) e que a quantidade de nitrogênio fixada por planta foi 13% superior. Os autores concluíram que o aumento da produção deveu-se, principalmente, ao aumento da mobilização de nitrogênio para as sementes.

Visando à obtenção de genótipos que combinem o porte característico das cultivares de hábito de crescimento II com o tamanho, formato e cor de sementes dos genótipos comerciais de *Pinto beans* (hábito de crescimento III), três ciclos de seleção recorrente foram realizados (KELLY; ADAMS, 1987). O aumento do peso de cem sementes foi gradativo, mas somente no terceiro ciclo seletivo os genótipos com as características de interesse foram obtidos.

Um trabalho também foi realizado com o objetivo de comparar o ganho de produção obtido após três ciclos de seleção recorrente em dois tipos de população: inter-racial e entre *pool* gênicos. Para cada população, foram avaliadas, em uma mesma safra, as dez progênies $S_{0:1}$ (sementes $S_{0:2}$) mais produtivas provenientes dos três ciclos de seleção. Verificaram que o ganho médio de produção por ciclo seletivo foi em torno de 15% em ambas as

populações, quando se considerou a média das 10 progênies $S_{0:1}$ mais produtivas (SINGH et al., 1999).

Para avaliar o aumento da produção em feijoeiro após três ciclos de seleção, Ranalli (1996) estimou o ganho com a seleção avaliando, na mesma safra, 45 famílias $S_{0:2}$ (sementes $S_{0:3}$) retiradas aleatoriamente de cada ciclo de seleção. O ganho estimado para a produção de grãos por planta foi de 55%, do primeiro (C_0) para o segundo (C_1) e de 25% do segundo para o terceiro ciclo (C_2).

Mais recentemente, Ramalho, Abreu e Santos (2003) estimaram o progresso genético no feijoeiro obtido após quatro ciclos de seleção para produtividade e tipo de grãos. As cinco melhores linhagens obtidas de cada ciclo foram avaliadas conjuntamente para se estimar a eficiência da seleção recorrente. O ganho estimado por ciclo foi de 7,4% para produção de grãos e de 10,5% para qualidade de grãos.

Com o objetivo de estimar o progresso genético obtido para a produtividade de grãos do tipo carioca no programa de seleção recorrente do feijoeiro da UFLA após oito ciclos seletivos, Silva et al. (2010), utilizaram linhagens obtidas no final de cada ciclo, e verificaram que a estimativa do progresso genético foi de 3,3% por ciclo, possibilitando inferir que a seleção recorrente para a produtividade de grãos foi eficiente.

Uma relação de estimativas do progresso com a seleção recorrente em espécies autógamas foi apresentada por Ramalho et al. (2012), onde inúmeros caracteres foram considerados na seleção, tais como produtividade de grãos, resistência a patógenos, fixação de nitrogênio e arquitetura de planta, entre outros. A unidade seletiva variou entre os caracteres, mas em todos os casos, para as diferentes espécies de plantas autógamas, o progresso genético com a seleção recorrente foi expressivo.

2.5 Programa de seleção recorrente realizado na ufla, para obtenção de linhagens com arquitetura ereta, alta produtividade e qualidade de grãos na cultura do feijoeiro

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) vem conduzindo um programa de melhoramento do feijão carioca visando obtenção de novas linhagens de feijoeiro com produtividades elevadas associadas à arquitetura ereta das plantas desde 2001. A população base foi obtida a partir de um cruzamento dialélico envolvendo dez genitores, e de 42 populações resultantes, foram selecionadas 11. Dessas populações foram retiradas 190 progênies $S_{0:1}$, que foram avaliadas em experimentos com duas repetições. Após a análise dos dados foram identificadas 60 melhores progênies $S_{0:2}$. Destas, foram escolhidas dez progênies $S_{0:3}$ para serem recombinadas, originando a população C_1 da seleção recorrente. O processo foi repetido de modo semelhante, obtendo-se as populações do C_2 e posteriormente C_3 (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008).

A partir desse ciclo o procedimento foi modificado e a seleção passou a ser massal, visualmente realizada apenas para a arquitetura no início do florescimento da geração F_2 (S_0). No ciclo CV, foram obtidas progênies as quais foram avaliadas até a obtenção de linhagens (FERREIRA, 2011), o mesmo procedimento foi adotado no CVIII. A seleção recorrente continua sendo realizada de modo análogo ao descrito, sendo em 2012 foi obtido o CXII.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condução do Programa de Seleção Recorrente do CV ao CVIII

Na Tabela 1 é apresentado as etapas de seleção recorrente do CV ao CVIII. Esse programa de seleção recorrente iniciou em 2001, como já foi comentado, e neste trabalho será focado nas avaliações das progênies obtidas a partir da população S_0 do CVIII.

Tabela 1 Cronologia do programa de seleção recorrente em feijoeiro visando à obtenção de linhagens com arquitetura ereta, elevada produtividade e alta qualidade de grãos, a partir do quinto ciclo seletivo

Mês	Ano	Geração	Ciclo
Julho	2008	F_1	CV
Novembro	2008	$F_2(S_0)$	CV
Fevereiro	2009	F_1	CVI
Julho	2009	$F_2(S_0)$	CVI
Novembro	2009	F_1	CVII
Fevereiro	2010	$F_2(S_0)$	CVII
Julho	2010	F_1	CVIII
Novembro	2010	$F_2(S_0)$	CVIII

3.2 Avaliação das progênies $S_{0:2}$, $S_{0:3}$, $S_{0:4}$ e $S_{0:5}$ do CVIII

3.2.1 Locais

As avaliações das progênies foram realizadas nos seguintes locais: em Lavras - MG, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras – UFLA, que está situada a 919 metros de altitude, 21°14' de latitude sul e 45° 59' de longitude oeste, e em Patos de Minas - MG, na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, que se encontra a 18° 34' de latitude sul e 46° 31' de longitude oeste, e

altitude de 815 m. Exceto a geração $S_{0,2}$, que foi avaliada apenas em Lavras, as demais foram avaliadas em Lavras e Patos de Minas.

3.2.2 Épocas de avaliação das progênies

As progênies $S_{0,2}$ foram avaliadas em experimentos cuja semeadura foi realizada em julho de 2011. As progênies $S_{0,3}$ foram semeadas em novembro do mesmo ano, as progênies $S_{0,4}$ em fevereiro de 2012 e a geração $S_{0,5}$ foi semeada em julho de 2012.

3.3 Detalhes dos experimentos de avaliação das progênies

As principais informações dos experimentos com relação ao número de progênies, delineamento e detalhe das parcelas experimentais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Detalhes experimentais da avaliação das progênies do oitavo ciclo de seleção recorrente

	Gerações			
	$S_{0,2}$	$S_{0,3}$	$S_{0,4}$	$S_{0,5}$
Nº de progênies	398	98	47	14
Nº de testemunhas	2	2	2	2
Nº de repetições	2	3	3	3
Delineamento	Látice 20x20	Látice 10x10	Látice 7x7	Látice 4x4
Parcela	2 linhas de 2m	2 linhas de 2m	2 linhas de 2m	2 linhas de 2m
Caracteres avaliados	Produção/ Porte	Produção/ Porte	Produção/Porte/ Grãos	Produção/ Porte

Em todos os experimentos, além das progênies, sempre foram incluídas duas testemunhas, a cultivar BRSMG Majestoso, a partir desse momento, denominada apenas de 'Majestoso', escolhida como padrão de produtividade das cultivares de tipo carioca (RAMALHO et al., 2007). A outra testemunha foi a

‘Supremo’, cultivar de grãos pretos, escolhida por ser uma referência em termos de planta ereta (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008).

Foi empregado como adubação o equivalente a 400 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 de N, P₂O₅ e K₂O na sementeira e 150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio em cobertura aproximadamente 25 dias após a sementeira. A irrigação por aspersão foi realizada sempre que necessário. Não foi realizado nenhum tratamento fitossanitário.

Foram obtidos dados da produtividade de grãos e nota de porte, essa última característica utilizando a escala de notas proposta por Collichio, Ramalho e Abreu (1997) modificada, em que um representa plantas não eretas e nove representam plantas eretas. (Quadro 1). As melhores progênies de uma geração para outra foram identificadas considerando além dos dois caracteres, o tipo de grãos dentro do padrão carioca.

Quadro 1 Escala de notas utilizadas na avaliação do porte da planta

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

Fonte: Collichio et al. (1997)

3.4 Análise dos dados obtidos

Os dados referentes à produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e notas de porte (1 a 9) foram submetidos à análise variância (ANAVA) por geração,

considerando todos os efeitos do modelo como aleatório, exceto a média. O modelo estatístico para as análises individuais foi:

$$Y_{ijl} = m + t_i + b_j + p_{l(j)} + e_{ijl}$$

em que:

Y_{ijl} : valor observado na parcela que recebeu a progênie i , no bloco l dentro da repetição j ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ e n , sendo n o número de tratamentos avaliados em cada geração;

b_j : efeito da repetição j , sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

$p_{l(j)}$: efeito do bloco l dentro da repetição j ;

e_{ijl} : erro experimental associado à observação Y_{ijl} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2_e .

Foi efetuada posteriormente a análise conjunta, a partir das médias ajustadas, considerando todos os efeitos aleatórios exceto o efeito de ambientes e a média, segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = m + t_i + a_k + b_{j(k)} + (ta)_{ik} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela que recebeu a progênie i , na repetição j , dentro do ambiente k ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ e n , sendo n o número de tratamentos avaliados em cada geração;

a_k : efeito do ambiente k , sendo $k = 2$;

$(ta)_{ik}$: efeito da interação do tratamento i com o ambiente k ;

e_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} , assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2_e .

3.5 Análise para a identificação das melhores progênes $S_{0:5}$

As médias das progênes avaliadas em $S_{0:4}$, que originaram as progênes $S_{0:5}$, foram obtidas por três diferentes estratégias de análise: a) empregando apenas os dados da geração de referência; b) considerando a análise conjunta das 47 progênes comuns entre $S_{0:2}$ e $S_{0:4}$; e c) análise sequencial, considerando todas as progênes que foram avaliadas nas gerações $S_{0:2}$, $S_{0:3}$, e $S_{0:4}$, denominadas neste trabalho por BLUPT. Nesse último caso, adotou-se o modelo misto como proposto por Henderson (1975) e utilizado por Bruzi (2008): $y = X\beta + Za + \epsilon$, em que y é o vetor das observações; X é a matriz de incidência ou matriz dos coeficientes do modelo associado aos efeitos fixos; β é o vetor dos efeitos fixos; Z é a matriz de incidência ou matriz dos coeficientes do modelo associados aos efeitos aleatórios; a é o vetor dos efeitos aleatórios e ϵ é o vetor dos erros aleatórios. Para isso, foi utilizado o *PROC MIXED* do SAS (SAS INSTITUTE, 2000).

Para quantificar a eficiência das três estratégias de análise, verificou-se a coincidência das 14 melhores progênes identificadas em cada estratégia.

3.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos

3.6.1 Herdabilidade para seleção na média das progênes envolvendo um local

A partir das esperanças dos quadrados médios das ANAVA's estimou-se a herdabilidade no sentido amplo (h^2) na média das progênes avaliadas na geração $S_{0:2}$ para o caráter em questão, pelo seguinte estimador:

$$h^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

em que:

Q_1 : quadrado médio entre progênes das análises individuais;

Q_2 : quadrado médio do erro das análises individuais.

Para estimar o intervalo de confiança da herdabilidade, foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas de h^2 , utilizando-se as expressões apresentadas por Knapp, Stroup e Ross (1985), com $\alpha = 0,05$:

$$LI = \left\{ \left[\left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) \times F_{1-\frac{\alpha}{2}; g^{l_2} g^{l_1}} \right]^{-1} \right\}$$

$$LS = \left\{ \left[\left(\frac{Q_1}{Q_2} \right) \times F_{\frac{\alpha}{2}; g^{l_2} g^{l_1}} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

F : valor tabelado a $1-\frac{\alpha}{2}$ e $\frac{\alpha}{2}$. É obtido invertendo-se os graus de liberdade e tomando-se o recíproco do valor tabelado;

Q_1 e Q_2 : já definidos anteriormente;

g^{l_1} e g^{l_2} : graus de liberdade de Q_1 e Q_2 .

3.6.2 Herdabilidade para seleção na média das progênies envolvendo os dois locais

A herdabilidade (h^2), para a seleção na média das progênies dos locais/ambientes, foi estimada a partir dos quadrados médios, como preconizado pelos pesquisadores da Carolina do Norte, descrito por Ramalho et al. (2012), utilizando o seguinte estimador:

$$h^2 = \frac{Q_1' - Q_3}{Q_1'}$$

em que:

Q_1' : Quadrado médio entre progênies das análises conjuntas;

Q_3 : Quadrado médio da interação progênies x locais.

3.7 Estimativa do progresso genético com a seleção recorrente

O progresso foi estimado para a nota de porte e produtividade de grãos, considerando as médias das 47 progênies $S_{0,3}$ e $S_{0,4}$ comuns do CV, utilizando dados obtidos por Ferreira (2011), e do CVIII, obtidos nesse trabalho. Como em ambos os casos foram utilizadas as mesmas testemunhas, foi realizada a análise de variância combinada (PIMENTEL-GOMES, 2009), considerando as gerações como sendo repetições. Essa análise possibilitou a obtenção das médias ajustadas em função das testemunhas comuns.

O progresso genético (PG) por ciclo foi obtido pelo seguinte estimador:

$$PG = \frac{\text{médias das progênies } S_{0,3} \text{ e } S_{0,4} \text{ do CVIII} - \text{médias das progênies } S_{0,3} \text{ e } S_{0,4} \text{ do CV}}{3}$$

;

sendo que o progresso genético em porcentagem é fornecido por:

$$PG (\%) = \frac{PG}{\text{Média das progenies do CV}} \times 100.$$

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação de progênies derivadas do CVIII

A acurácia do experimento de avaliação das progênies $S_{0,2}$ não foi alta, inferior a 49%. Mesmo assim, foi possível detectar diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre as progênies para produtividade de grãos. A fonte de variação que avalia o contraste Progênies vs Testemunhas também foi significativa ($P \leq 0,01$) para porte (Tabela 3).

Tabela 3 Resumo da análise de variância da produtividade (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação de progênies $S_{0,2}$ em Lavras - MG, com semeadura na safra de inverno de 2011

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	397	344700	1,30**	0,64	1,27**
Entre Testemunhas (T)	1	600037	2,27	11,67	23,08**
P vs T	1	613024	2,32	3,37	6,66**
Erro	361	264430		0,51	
Acurácia		48%		45%	

** significativo a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

A existência de variação entre as progênies $S_{0,2}$, para a produtividade de grãos, pode ser comprovada por meio da distribuição de frequência apresentada na Figura 2. A amplitude de variação das médias foi de 2623 kg/ha, ou seja, 8% superior à média das progênies. Observa-se também que a média das progênies $S_{0,2}$ foi 21% acima da média dos dois genitores.

Com relação à nota de porte, foi possível verificar diferença significativa entre as progênies ($P \leq 0,01$), as médias das progênies variaram de 5,1 a 8,5, indicando em princípio que as plantas da maioria das progênies apresentavam bom porte. Como era esperado, observou-se diferença significativa na nota de

porte entre as duas testemunhas ($P \leq 0,01$). A cultivar Majestoso apresentou menor nota média de porte e a Supremo esteve entre as de melhor arquitetura. Com relação ao porte a média das progênies foi bem superior à média das duas testemunhas, embora inferiores ao da testemunha 'Supremo', que é referência no que se refere à cultivar de feijão com plantas bem eretas.

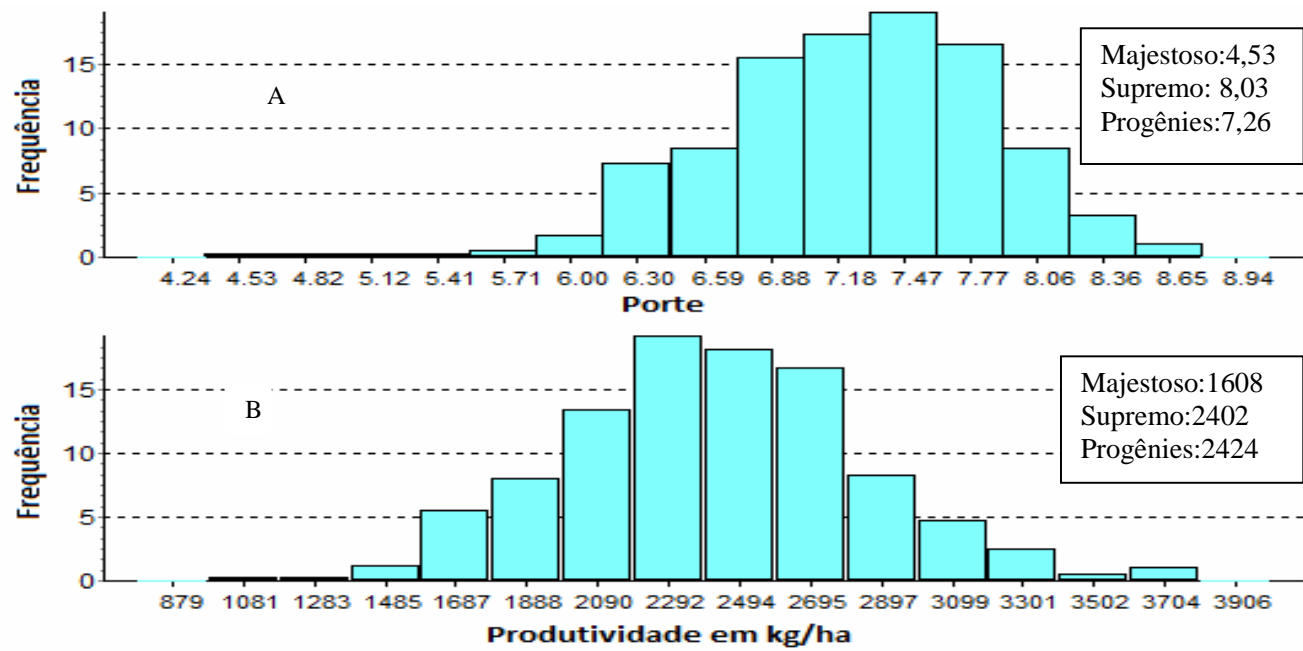


Figura 2 Distribuição das frequências da média de progênes $S_{0.2}$ para os caracteres porte (A) e produtividade de grãos (B), em Lavras-MG

A avaliação de progênies $S_{0.3}$ foi realizada em dois locais, os resumos das análises de variância por local estão apresentados na tabela 5A e 5B. Na análise conjunta verifica-se que a precisão experimental foi melhor que a obtida na avaliação das progênies $S_{0.2}$. A estimativa da acurácia foi de 94% para a produtividade de grãos. Observou-se que, para o caráter produtividade de grãos, o teste F foi significativo para as fontes de variação progênies, e para testemunhas ($P \leq 0,01$); já para o caráter porte, ocorreram diferenças significativas para as fontes de variação progênies ($p \leq 0,01$) e entre testemunhas ($P \leq 0,01$), bem como para o contraste entre progênies vs testemunhas ($P \leq 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação das progênies $S_{0.3}$ na safra das águas de 2011, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Locais (L)	1	4185667	17,69**	37,81	25,98**
Entre Progênies (P)	97	900707	3,81**	2,31	1,59**
Entre Testemunhas (T)	1	2857658	12,08**	6,27	4,31*
P vs T	1	8462	0,04	7,04	4,84*
P x L	97	751222	3,17**	1,84	1,27
T x L	1	1230829	5,20*	0,25	0,17
Local x P vs T	1	4683	0,02	0,67	0,46
Erro	342	236651		1,46	
Acurácia		94%		91%	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

A distribuição de frequência das médias das progênies nos dois ambientes, para a produtividade de grãos, mostra que ela variou de 1212 a 3294 kg/ha (Figura 3B). Observe que grande número de progênies apresentou desempenho médio superior ao genitor de porte ereto, a 'BRS Supremo'. O mesmo não ocorreu com relação à outra testemunha, 'BRSMG Majestoso'.

Com relação à nota de porte (Figura 3A), a amplitude de variação foi de 3,28. Nesse caso ocorreu o contrário do relatado para a produtividade de grãos, isto é, maior número de progênies apresentou média superior a 'Majestoso' e número não tão alto, porém expressivo, mostrou média de porte superior a 'Supremo'. Esses resultados evidenciam que foi possível, na média dos dois locais identificar progênies que associem alta produtividade e plantas eretas.

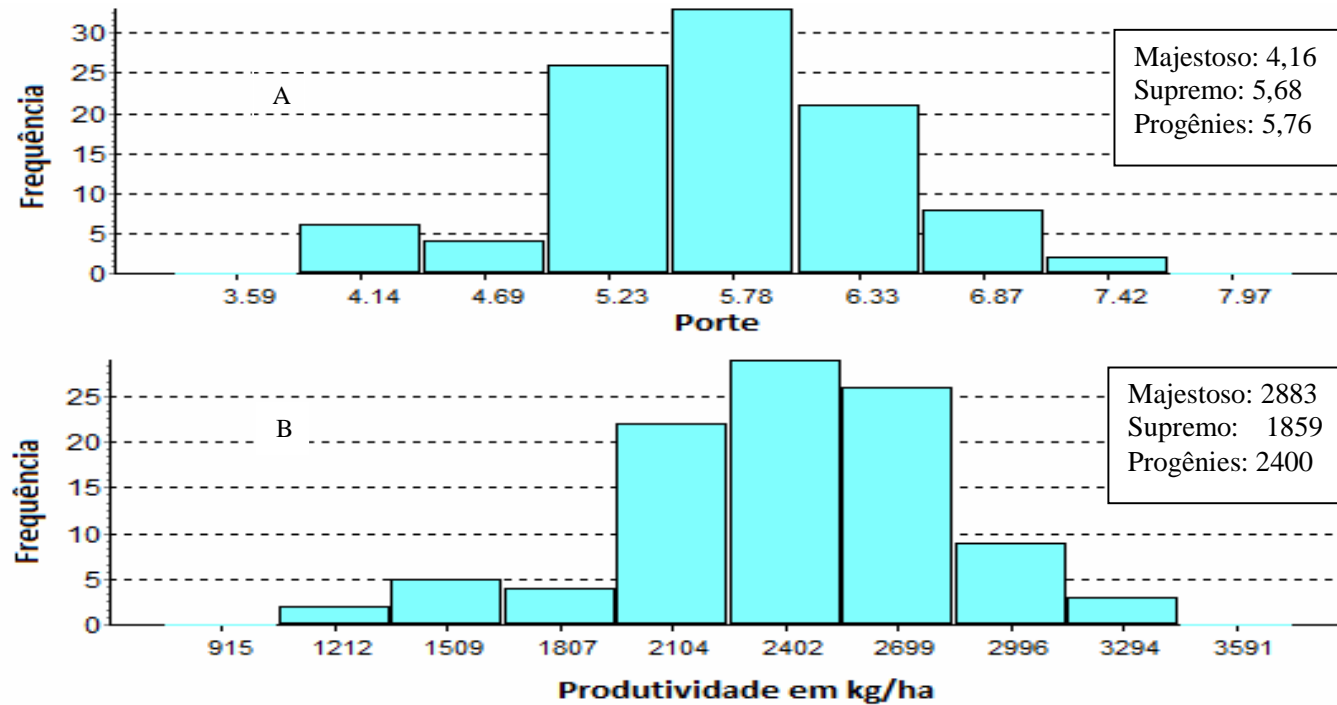


Figura 3 Distribuição das frequências da média das 98 progênes $S_{0,3}$ mais as duas testemunhas BRS Supremo, BRS Majestoso, e a média geral das progênes, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG, para notas de porte (A) e produtividade de grãos (B)

As melhores 47 progênies agora $S_{0:4}$ da etapa anterior, foram novamente avaliadas juntamente com as mesmas testemunhas em dois locais. Os resumos das análises de variância individuais estão apresentados na tabela 6A e 6B, a decomposição da soma de quadrados dos tratamentos, para ambos os caracteres, revelou a existência de variabilidade entre as progênies avaliadas.

Os resultados da análise de variância conjunta foram muito semelhante ao da geração $S_{0:3}$, a estimativa da acurácia para produtividade de grãos foi elevada (96%), mostrando que os experimentos de avaliação das progênies $S_{0:4}$ apresentaram boa precisão (Tabela 5), condição essa que contribui para que a estimativa da herdabilidade para os dois caracteres fosse alta, condição favorável para a seleção (Tabela 8). Observaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) para as fontes de variação progênies e testemunhas, para os dois caracteres avaliados, já para a fonte de variação que avalia o contraste entre progênies vs testemunhas, produtividade de grãos ($P \leq 0,01$) e porte ($P \leq 0,05$) foram significativos.

Tabela 5 Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação das progênies $S_{0:4}$ na safra da seca de 2012, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Locais (L)	1	1035495	7,27**	1,79	1,51
Entre Progênies (P)	46	416326	2,92**	3,03	2,55**
Entre Testemunhas (T)	1	2425894	17,04**	8,94	7,53**
P vs T	1	992738	6,97**	5,92	4,99*
P x L	46	151785	1,07	1,42	1,20
T x L	1	151907	1,07	0,82	0,69
(P vs T) X L	1	2212	0,02	0,13	0,11
Erro	156	142357		1,19	
Acurácia		96%		93%	

* ** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

As distribuições de frequência das médias das progênies na geração $S_{0.4}$ permite verificar a existência de variabilidade entre as progênies avaliadas (Figura 4). A amplitude de variação das médias das progênies foi de 1311 kg/ha, nesse caso, 75% das progênies apresentaram desempenho para a produtividade de grãos superior ao da testemunha 'BRS Supremo' (Figura 4B). Com relação ao porte, as notas médias atribuídas às progênies variaram entre 3,85 e 7,62, sendo que a média das progênies foi aproximadamente 18% superior à média das testemunhas. Além disso, 38% das progênies avaliadas apresentaram médias superiores à testemunha 'BRS Supremo' (Figura 4A).

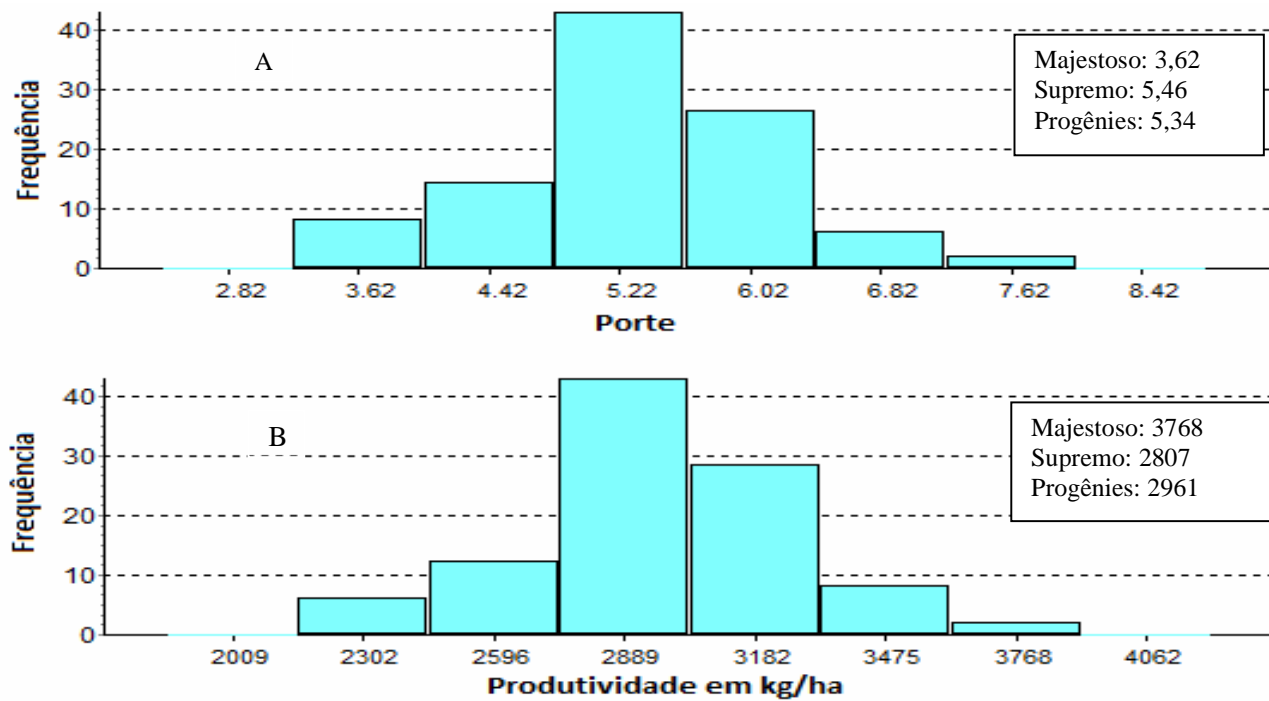


Figura 4 Distribuição das frequências na média das 47 progênies $S_{0,4}$ mais as duas testemunhas BRS Supremo, BRS Majestoso, e a média geral das progênies, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG, para notas de porte (A) e produtividade de grãos (B)

A acurácia do experimento de avaliação das progênes $S_{0,5}$ foi baixa em relação às estimativas obtidas nos experimentos anteriores. Não foi possível detectar diferenças significativas entre as progênes, nem entre testemunhas, considerando os dois caracteres avaliados (Tabela 6).

Tabela 6 Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg/ha) e porte. Dados obtidos na avaliação das progênes $S_{0,5}$ na safra de inverno de 2012, em Lavras - MG e Patos de Minas - MG

F.V.	GL	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Locais (L)	1	18459866	100,81**	0,30	0,34
Entre Progênes (P)	13	205132	1,12	1,22	1,39
Entre Testemunhas (T)	1	89773	0,49	2,82	3,22
P vs T	1	50951	0,28	3,69	4,22*
P x L	13	179211	0,98	0,87	0,99
T x L	1	60429	0,33	0,60	0,69
Local x P vs T	1	65575	0,36	0,00	0,01
Erro	42	183116		0,87	
Acurácia		47%		88%	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

O contraste progênes vs testemunhas, foi significativo ($P \leq 0,05$) apenas para porte. Em concordância com o teste F, o teste *Scott & Knott* realizado entre as médias de produtividade das progênes $S_{0,5}$ evidenciaram que todas as médias, incluindo as duas testemunhas, são inseridas em um mesmo grupo (Tabela 7).

Tabela 7 Médias dos caracteres de grãos e notas de porte (1 a 9) das 14 progênes mais duas testemunhas avaliadas na geração $S_{0,5}$, em Lavras - MG, com semeadura na safra da inverno de 2012

Progênes	Médias	
	Produtividade kg/ha	Porte
74	2685 ^a	7,33
102	2318 ^a	7,54

“continua”

Tabela 7 “conclusão”

Progênes	Médias	
	Produtividade kg/ha	Porte
138	2194 ^a	8,00
154	2194 ^a	6,29
52	2174 ^a	6,58
2	2137 ^a	7,08
MAJESTOSO	2076 ^a	6,25
385	2072 ^a	7,00
211	2043 ^a	7,33
SUPREMO	2042 ^a	6,83
9	2004 ^a	7,17
394	1981 ^a	6,96
179	1980 ^a	6,83
247	1806 ^a	7,71
164	1778 ^a	7,63
40	1613 ^a	7,46

^a As médias contendo a mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de *Scott & Knott* (1974).

As estimativas da herdabilidade para a seleção na média das progênes no ciclo VIII para produtividade de grãos, obtidas nos experimentos em Lavras - MG, variaram de 23% na geração $S_{0,2}$, a 86% na geração $S_{0,3}$ (Tabela 8). Na análise conjunta, as estimativas da herdabilidade para produtividade de grãos foi de 17% na geração $S_{0,3}$ e 63% em $S_{0,4}$. Considerando o caráter porte, nos experimentos conduzidos em Lavras - MG, as estimativas da herdabilidade obtidas foram mais baixas, variando entre 16% na geração $S_{0,3}$ e 54% em $S_{0,4}$. Na análise conjunta entre os ambientes, as estimativas obtidas foram de 20% na geração $S_{0,3}$ e 53% em $S_{0,4}$.

Tabela 8 Estimativas de herdabilidade das gerações de avaliação $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, do CVIII, para as características produtividade de grãos e porte, em Lavras - MG, Patos de Minas - MG, e da análise conjunta entre os locais

Progênes	Caráter	Lavras	Patos de Minas	Conjunta
		h ²		
$S_{0:2}$	Produtividade	0,23 (0,06 - 0,37) ¹	-	-
	Porte	0,20 (0,03 - 0,35)	-	-
$S_{0:3}$	Produtividade	0,86 (0,80 - 0,90)	0,41 (0,15 - 0,58)	0,17 (-0,24 - 0,44)
	Porte	0,16 (-0,21 - 0,41)	0,55 (0,36 - 0,68)	0,20 (-0,19 - 0,47)
$S_{0:4}$	Produtividade	0,59 (0,29 - 0,75)	0,42 (0,00 - 0,65)	0,63 (0,35 - 0,80)
	Porte	0,54 (0,21 - 0,72)	0,34 (-0,13 - 0,60)	0,53 (0,16 - 0,74)

¹Intervalo de confiança da h², utilizando a expressão de Knapp, Stroup e Ross (1985) ao nível de ($\alpha \leq 0,05$).

Na comparação das três estratégias de escolha das progênes $S_{0:5}$, verifica-se que a coincidência entre as 14 progênes $S_{0:4}$ a serem selecionadas pelas três estratégias foi pequena. Seis entre as estratégias A e B, quatro entre as estratégias B e C e apenas duas entre A e C (Tabela 90). Como as 14 progênes $S_{0:5}$ identificadas pela estratégia A foram novamente avaliadas, procurou-se verificar se a progênie identificada nas três estratégias estaria entre as melhores em $S_{0:5}$. Contudo, na geração $S_{0:5}$, como já mencionado, não ocorreu diferença significativa entre as 14 progênes avaliadas. Assim, a informação das diferentes estratégias não contribuiu para o sucesso futuro na seleção das progênes $S_{0:5}$.

Tabela 9 Relação das progênes avaliadas considerando a análise tendo $S_{0:4}$ como a geração de referência, considerando a análise conjunta das progênes comuns avaliadas de $S_{0:2}$ a $S_{0:4}$ e considerando a análise com recuperação de informação para efeito aleatório de progênes envolvidas nas avaliações das gerações $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ (BLUPT)

MÉDIAS $S_{0:4}$ (A)	CONJUNTA (B)	BLUPT (C)
74	33	26
282	179	63
179	247	154
2	65	166
211	2	65
20	248	191
52	282	17
66	102	255
138	63	52
5	52	74
247	324	385
23	157	7
102	289	4
394	166	222

4.2 Estimativa do progresso genético envolvendo o CV e CVIII de seleção recorrente

Procedeu-se a análise de variância combinada dos dois ciclos de seleção, utilizando como tratamentos comuns as testemunhas Majestoso e Supremo (Tabela 10).

Especialmente interessante, nesse caso, é a significância ($P \leq 0,01$) da fonte de variação ciclos, para ambos os caracteres. Verifica-se que a média das progênes no CVIII, foi superior a do CV para ambos os caracteres.

Tabela 10 Análise de variância combinada (utilizando testemunhas comuns) para porte e produtividade de grãos em kg/ha

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ¹⁾	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Ciclo	1	81352527	916,59**	141,07	213,68**
Trat	95	129388	1,46*	0,90	1,36

“continua”

Tabela 10 “conclusão”

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ¹⁾	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Ciclo (Rep)	2	9576314	107,89**	15,50	23,48**
Ciclo vs Test	1	769215	8,67**	0,01	0,91
Erro	96	88755		0,66	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

¹⁾ Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas

As distribuições de frequência das médias de porte das progênies comuns entre as gerações $S_{0,3}$ e $S_{0,4}$, mostram que as maiores frequências de progênies que concentram-se nas classes de maior média, pertencem ao oitavo ciclo de seleção recorrente (Figura 5). 8,51% das progênies do CVIII estavam contidas na classe de notas entre 7,01 e 7,50, enquanto apenas 4,26% das progênies do CV estiveram nesse intervalo. Na classe que compreende notas de porte entre 7,51 e 8,00, 4,26% das progênies do oitavo ciclo seletivo estavam contidas nesse intervalo, porém, nenhuma das progênies que foram avaliadas no quinto ciclo seletivo apareceram nesse intervalo.

Observação semelhante foi verificada para o caráter produtividade de grãos, em que maiores proporções das progênies foram alocadas em classes com maiores médias de produtividade (Figura 6). Veja que as duas classes de maiores médias não apresentaram nenhuma progênies do CV, ao passo que 31,92% das progênies do oitavo ciclo ficaram alocadas nessas classes.

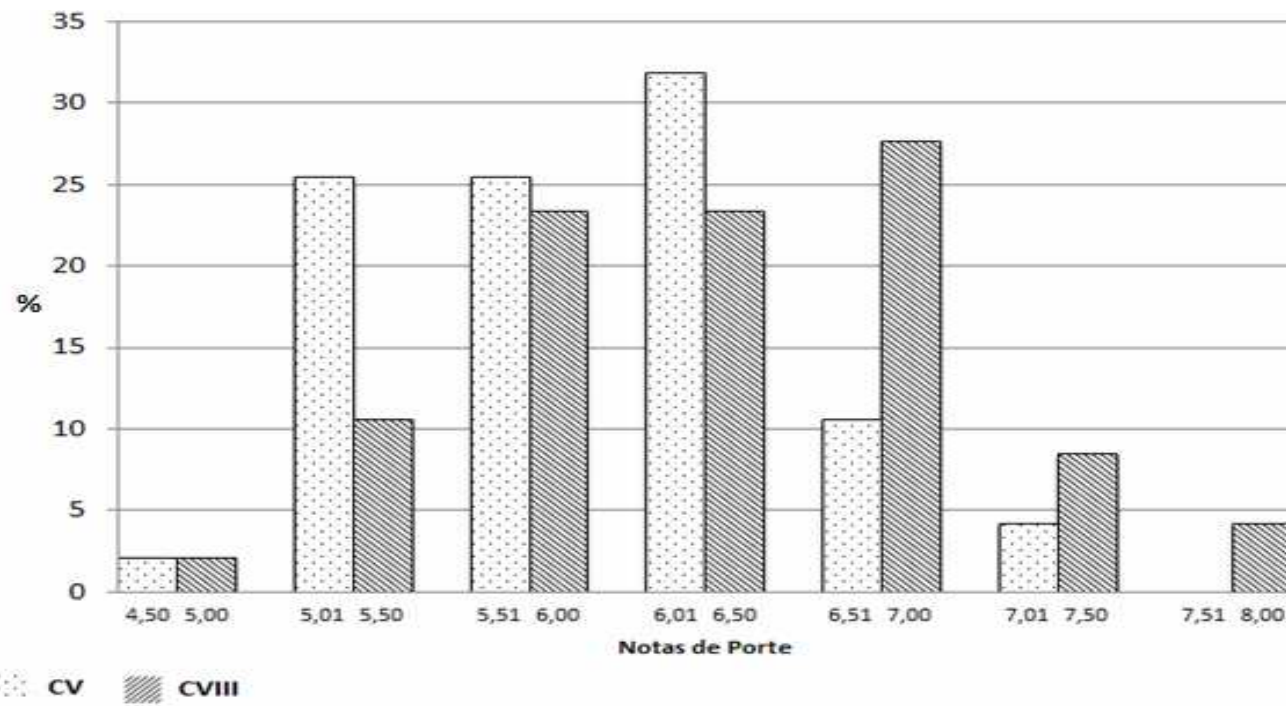


Figura 5 Distribuição das frequências da média das notas de porte das 47 progênies comuns entre as gerações de avaliação $S_{0,3}$ e $S_{0,4}$, dos ciclos CV e CVIII do programa de seleção recorrente para arquitetura ereta de plantas

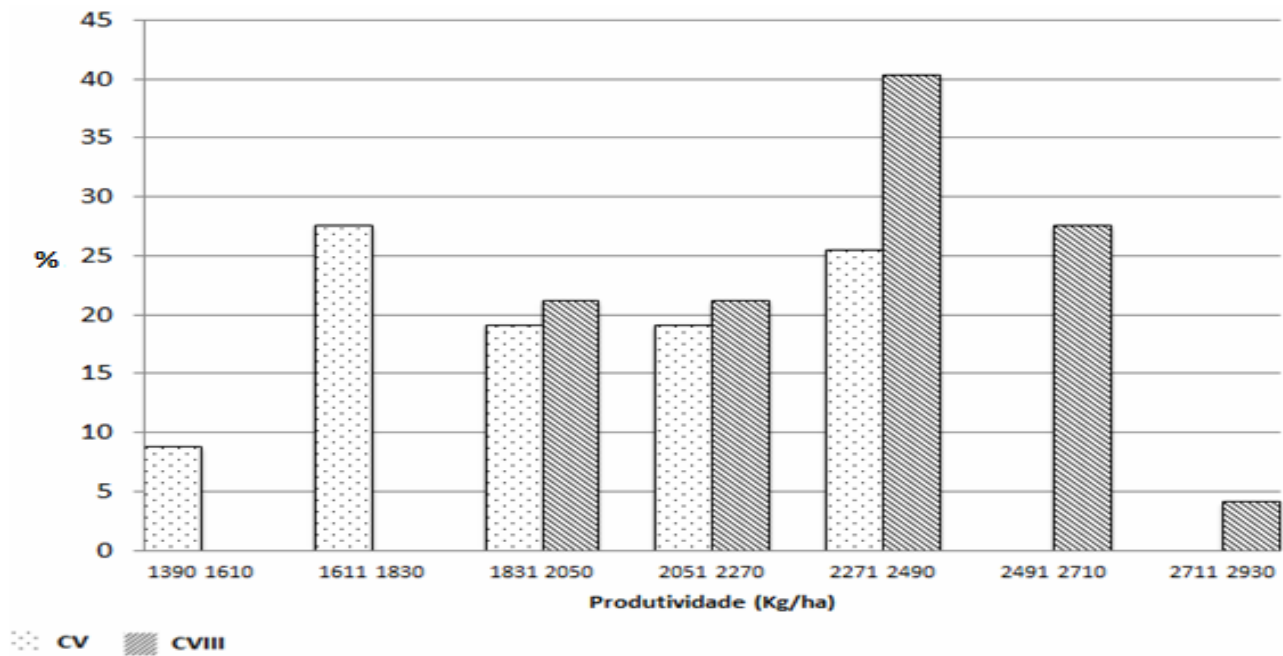


Figura 6 Distribuição das frequências da média de produtividade das 47 progênies comuns entre as gerações de avaliação $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, dos ciclos CV e CVIII do programa de seleção recorrente para arquitetura ereta de plantas

Observa-se que o ganho obtido para o porte, considerando CV e CVIII, foi de 1,62% por ciclo. Percebe-se ainda que o progresso obtido com a seleção para produtividade de grãos foi de 6,81% por ciclo.

Tabela 11 Estimativas do progresso genético por ciclo, obtidos com a seleção recorrente para porte ereto e elevada produtividade de grãos

	PORTE (Notas 1 a 9)	PRODUTIVIDADE DE GRÃO (kg/ha)
Média das progênes CV (MCV)	5,95	1991
Média das progênes CVIII (MCVIII)	6,24	2399
Média Geral	6,10	2195
Progresso Total[$\frac{MCVIII - MCV}{MCV}$]	4,86	20,43
Progresso por ciclo (%)		
[$\frac{Progresso Total}{3} * 100$]	1,62	6,81

5 DISCUSSÃO

A avaliação da arquitetura da planta - porte - foi realizada por meio de notas visualmente atribuídas por dois avaliadores. Esse procedimento vem sendo utilizado nos programas de melhoramento do feijoeiro já há algum tempo (COLLICCHIO; RAMALHO; ABREU, 1997; CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008). Pode-se questionar se esse tipo de caráter atende às pressuposições da análise de variância. Há relatos na literatura, de que esse tipo de dado, especialmente com média de mais de um avaliador, pode ser submetido à análise de variância sem maiores restrições (MARQUES JÚNIOR, 1997).

Um aspecto importante na avaliação do porte das progênies é a questão ambiental. Quando as avaliações ocorrem na denominada safra das águas, com semeadura em novembro, as condições prevaletentes de alta umidade e temperatura, estimulam o crescimento vegetativo e dificultam a avaliação visual, porque fica difícil não só individualizar as parcelas, mas também identificar as plantas que são eretas. Esse fato, já foi comentado por outros autores (COLLICCHIO; RAMALHO; ABREU, 1997; MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009).

Na época das secas, com semeadura em fevereiro, normalmente os cultivos recebem irrigação suplementar e também ainda ocorrem muitas precipitações -chuvas- especialmente no início do desenvolvimento das plantas, que podem provocar o mesmo fato comentado anteriormente, porém a frequência de ocorrência é baixa e avaliação do porte pode ser realizada com sucesso (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009).

A terceira época denominada de inverno, com semeadura em julho, a umidade relativa e temperatura até o florescimento das plantas é normalmente

baixa, o que reduz o desenvolvimento vegetativo. A avaliação do porte é mais fácil, porém, em algumas situações, não possibilita uma boa discriminação das progênies. Os resultados obtidos nas avaliações de porte das progênies confirmam esse fato. A maior média foi obtida para as progênies $S_{0:2}$ (Figura 2), avaliadas na safra de inverno, e as duas menores médias foram obtidas em $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, avaliadas nas safras das águas e das secas (Figuras 3 e 4). É oportuno salientar que quanto maior a média mais eretas eram as plantas, e que a safra em que foi avaliada a geração $S_{0:4}$, embora seja denominada safra das secas, apresentou grande precipitação no período de condução dos experimentos nos dois locais.

A seleção recorrente que foi efetuada dos ciclos III ao VIII foi fenotípica e realizada durante o florescimento. Como já mencionado, as plantas que floresceram, e se mostraram eretas, foram utilizadas no inter cruzamento. A avaliação do porte nessas condições não é ideal, já que as plantas ainda não manifestam bem o porte ereto, pois ainda não têm as vagens formadas. As vagens exercem peso sobre a planta, provocando seu acamamento nos casos em que a planta não é ereta. Essa avaliação no momento do florescimento tem como foco, principalmente o comprimento dos entrenós e a ocorrência de guias longas. Já as avaliações realizadas nas progênies da população do ciclo CVIII, eram realizadas quase no momento da colheita. A pergunta é: há associação nas duas avaliações? E havendo, existe variabilidade entre as progênies de modo a possibilitar sucesso futuro com a seleção recorrente?

A primeira indagação será respondida posteriormente, quando for comentado sobre o progresso com a seleção. Já a segunda pode ser respondida a partir dos dados das notas de porte nas diferentes gerações.

Ocorreu diferença significativa entre as progênies em todas as gerações, exceto em $S_{0:5}$, quando o número de progênies era bem pequeno (Tabelas 3, 4, 5 e 6). As distribuições de frequências das notas médias das progênies realçam esse fato (Figuras 2, 3 e 4).

O outro parâmetro para avaliar a existência de variabilidade e a possibilidade de se continuar obtendo sucesso com a seleção é a herdabilidade. As estimativas de h^2 para o caráter porte variaram de 20% (avaliação de progênes $S_{0:3}$) a 53% (avaliação de progênes $S_{0:4}$), considerando a análise conjunta. Na geração $S_{0:4}$, o limite inferior da estimativa foi positivo, portanto, esses valores podem ser considerados diferentes de zero. Esses resultados estão dentro do limite de variação das estimativas da herdabilidade na mesma população, obtidas na avaliação de progênes do C1, C2 e C3 (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005), C4 (MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008), e no quinto ciclo (FERREIRA, 2011).

A existência de variabilidade para produtividade de grãos também ficou evidenciada pelas estimativas de h^2 para esse caráter. Considerando a análise conjunta entre os locais de avaliação, essas estimativas foram elevadas, variando entre 17% na geração de avaliação de progênes $S_{0:3}$, e 63% em $S_{0:3}$. O limite inferior da h^2 para esse caráter foi positivo em $S_{0:4}$, pode-se inferir, assim, que essa estimativa foi diferente de zero. Essa é uma condição que evidencia a possibilidade de sucesso com a seleção.

Utilizando a mesma população da seleção recorrente citada nesse trabalho, Cunha, Ramalho e Abreu (2005) verificaram que as estimativas de h^2 variaram de 19% (em $S_{0:1}$) a 54% (em $S_{0:3}$). Já Menezes Júnior, Ramalho e Abreu (2008) obtiveram estimativas da herdabilidade variaram entre 19% e 60%. Na literatura existem relatos da estimativa da herdabilidade para produtividade de grãos. Uma compilação dos valores obtidos em experimentos realizados até 2004 com a cultura do feijoeiro, utilizando avaliação de progênes, foi apresentada por Ramalho et al. (2012), e os valores apresentados variam de 10,6% a 88%. Depreende-se que os valores obtidos no presente trabalho estão dentro dos limites das estimativas relatadas na literatura.

Foi possível verificar uma ligeira tendência de aumento na média das linhagens com o decorrer dos ciclos de seleção recorrente (Figuras 5 e 6), nota-se que as médias de porte e produtividade são maiores no oitavo ciclo de seleção recorrente. Esse resultado corrobora com os obtidos por Silva et al. (2010), que observaram um acréscimo nas médias de produtividade de grãos de progênies em função das testemunhas comuns, entre oito ciclos de seleção recorrente. A estimativa do ganho genético com a seleção foi obtida a partir das médias ajustadas, e o ganho para o caráter porte foi positivo (1,62% por ciclo). Já a estimativa do ganho com a seleção para a produtividade de grãos foi bem superior (6,81%).

Como a seleção fenotípica - massal - foi efetuada apenas para o porte da planta, fica difícil explicar por que a produtividade de grãos apresentou progresso genético tão expressivo, inclusive por que há relatos na literatura de que ocorre correlação genética negativa entre a nota de porte e a produtividade de grãos (COLLICHIO et al., 1997). Contudo, Silva, Abreu e Ramalho (2009) comentaram que embora essas estimativas de correlação sejam negativas, elas apresentam pequena magnitude, sendo possível selecionar simultaneamente progênies mais produtivas e com melhor arquitetura de plantas. Uma explicação é o grande número de progênies avaliadas.

O tamanho do grão também tem sido uma característica muito relacionada à arquitetura da planta, pois é difícil associar, em uma linhagem, porte ereto e grão com tamanho comercial. A maioria das cultivares de porte ereto possui grãos pequenos, o que tem dificultado a aceitação no mercado. No entanto, é possível obter linhagens com arquitetura desejável e grãos com tamanho comercial (BROTHERS; KELLY, 1993; COLLICCHIO; RAMALHO; ABREU, 1997; KORNEGAY; WHITE; CRUZ, 1992).

As Figuras 2, 3 e 4 mostram que foram obtidas no CVIII linhagens com nota média de porte superior a da cultivar 'BRS SUPREMO', que é referência no

que diz respeito à arquitetura ereta de plantas atualmente existente no mercado, bem como linhagens superiores do que a testemunha 'MAJESTOSO', conhecida pela elevada produtividade de grãos.

6 CONCLUSÕES

O progresso genético estimado entre o quinto e o oitavo ciclo é de 1,62% por ciclo para o caráter porte. A seleção realizada para a arquitetura indiretamente contribuiu para o progresso genético na produtividade de grãos de 6,81% por ciclo.

Após oito ciclos seletivos, a população que está sendo submetida à seleção recorrente ainda possui variabilidade genética suficiente para a continuidade do progresso genético com a seleção para ambos os caracteres.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. B. **Avaliação de progênies de feijoeiro do cruzamento “Carioca 80” x “Rio Tibagi” em diferentes densidades de plantio**. 1989. 63 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1989.

ABREU, A. F. B. et al. Effects genotype x environment interaction on estimations of genetics and phenotypic parameters of common bean. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 1, p. 75-82, Mar. 1990.

ABREU, A. F. B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais**. 1997. 95 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Potentials of field beans and others food legumes in Latin America**. Cali, 1973. p. 226-278.

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; JUNIOR, O. G. M. Controle genético do staygreen no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, n. 270, p. 155-167, mar./abr. 2000.

BARRON, J. E. et al. Response to selection for seed yield and nitrogen (N₂) fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 2/3, p. 119-128, 1999.

BASSET, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Forte Collins, v. 47 p. 1-24, 2004.

BASSET, M. J. Tight linkage between the Fin locus for plant habit and the Z locus for partly colored seedcoat patterns in common bean. **Journal of the**

American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 122, n. 5, p. 656-658, Sept. 1997.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Minnesota: Woodbury, 2002. 368 p.

BROTHERS, M. E.; KELLY, J. D. Interrelationship of plant architecture and yield components in the pinto bean ideotype. **Crop Science**, Madson, v. 23, n. 6, p. 1234-1238, Nov./Dec. 1993.

BRUZI, A. T. **Aplicações da análise de modelos mistos em programa de seleção recorrente do feijoeiro comum**. 2008. 71 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CARNEIRO, J. E. S. et al. Breeding potential of single, double and multiple crosses in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 4, p. 515-524, 2002

CHECA, O. E.; BLAIR, M. W. Inheritance of yield-related traits in climbing beans (L.). **Crop Science**, Madson, v. 52, n. 5, p. 1998-2013, 2012.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 297-304, 1997.

CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F.B. Selection aiming at upright growth habit of common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, p. 379-386, 2005.

DE KOEYER, D. L.; PHILLIPS, R. L.; STUTHMAN, D. D. Changes in genetic diversity during seven cycles of recurrent selection for grain yield in oat, *Avena sativa* L. **Plant Breeding**, Cambridge, v. 118, p. 37-43, 1999.

DONALD, C. M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Wageningen, v. 17, n. 2, p. 385-403, Oct. 1968.

FERREIRA, M. C. **Seleção recorrente para feijoeiro de porte ereto**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution, and utilization**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 503-541.

GARCIA, R. E. et al. Recurrent selection for quantitative resistance to soil borne diseases in beans in the Mixteca region, México. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, n. 2, p. 241-247, 2003.

GAVILANES, M. L. **Histologia e anatomia vegetal**: notas complementares ao livro texto da disciplina. Lavras: UFLA, 1995. 51 p.

GENCHEV, D. Main parameters for direct harvesting of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Forte Collins, v. 55, p. 245-246, 2012.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005. p. 1-8.

GUNER, N.; MYERS, J. R. Characterization of topiary (*top*) an architectural mutant of common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 126, n. 2, p. 105-109, Mar. 2001.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 9, p. 115-179, 1992.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, Raleigh, v. 31, n. 2, p. 423-447, June 1975.

HOLLAND, J. B. et al. Recurrent selection in oat for adaptation to diverse environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 113, n. 1, p. 195-205, 2000.

KELLY, J. D.; ADAMS, M. W. Phenotypic recurrent selection in ideotype breeding of plant beans. **Euphytica**, Wageningen, v. 36, n. 1, p. 69-80, Jan. 1987.

KELLY, J. D. Remaking bean plant architecture for efficient production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 7, n. 1, p. 109-143, Jan. 2001.

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

KOINANGE, E. M. K.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Genetic control of the domestication syndrome in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 4, p. 1037-1045, July/Aug. 1996.

KORNEGAY, J.; WHITE, J. W.; CRUZ, O. O. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 62, n. 3, p. 171-180, 1992.

KRETCHMER, P. J.; LAING, D. R.; WALLACE, D. H. Inheritance and morphological traits of a phytochrome-controlled single gene in bean. **Crop Science**, Madison, v. 19, n. 5, p. 605-607, Sep./Oct. 1979.

LAMPRECHT, H. The inheritance of the slender-type of *Phaseolus vulgaris* and some other results. **Agri Hortique Genetica**, Landskrona, v. 5, n. 2, p. 72-84, 1947.

LAMPRECHT, H. Weiterekoppelungsgruppen von *Phaseolus vulgaris* miteinerübersichtüber die koppelungsgruppen. **Agri Hortique Genetica**, Landskrona, v. 19, n. 2, p. 319-332, 1961.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of *Phaseolus* beans**: their maintenance, domestication, evolution, and utilization. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 245-327.

LEON, J. **Fundamentos botanicos de los cultivos tropicales**. San Jose: IICA, 1968. 487 p.

LYONS, M. E.; DICKSON, M. H.; HUNTER, J. E. Recurrent selection for resistance to white mold in *Phaseolus species*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 1, p. 149-152, Jan. 1987.

MACCLEAN, P. E. et al. Molecular and phenotypic mapping of genes controlling seed coat pattern and color in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **The Journal of Heredity**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 148-152, Mar./Apr. 2002.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. 1997. 80 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

MELO, L. C.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, D. F. QTL mapping for common bean grain yield in different environments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, p. 135-144, 2004.

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

MENDONÇA, H. A.; SANTOS, J. B.; RAMALHO, M. A. P. Selection of common bean segregating populations using genetic and phenotypic parameters and RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 219-226, 2002.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 833-838, 2008.

MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M. ; SANT'ANA, E. P. Selección recurrente en arroz de secano en Brasil. In: Guimarães, E.P. **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 99-115.

MORETO, A. L. et al. Componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, 2007.

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, 1986.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle-American origins. **Plant Breeding**, Cambridge, v. 101, n. 2, p. 143-154, June 1988.

NORTON, J. B. Inheritance of habit in the common beans. **American Naturalist**, Chicago, v. 49, p. 547-561, 1915.

PIMENTEL-GOMES, F. Análise conjunta de experimentos em blocos ao acaso com tratamentos comuns. In: _____. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 313-328.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress in common bean after four cycles of recurrent selection. **Annual report of the bean improvement cooperative**, New York, v. 46, p. 47-48, 2003.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress in common bean after four cycles of recurrent selection. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, p. 23-29, 2005.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201- 230.

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

RAMALHO, M. A. P. et al. BRSMG – Majestoso: another common bean cultivar of carioca graintype for thestateof Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, p. 403-405, 2007.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PEREIRA FILHO, I. A.. Choice of parentes for dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. I. Interações of mean components by generation and by location. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 391-400, June 1988.

RANALLI, P. Phenotypic recurrent selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) based on performnce of S2 progenies. **Euphytica**, Wageningen, v. 87, n. 2, p. 127-132, 1996.

RANGEL, P. H. N.; NEVES, P. C. F. Selección recurrent aplicada ao arroz de riego in Brasil. In: GUIMARÃES, E. P. **Selección recurrent en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 71-97.

RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; NEVES, P. C. F. Estimativas de parâmetros genéticos e resposta à seleção nas populações de arroz irrigado CNA-IRAT 4PR e CNA-IRAT 4ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 905-912, 1998.

RASMUSSEN, D. C. An evaluation of ideotype breeding. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 6, p. 1140-1146, Nov./Dec. 1987.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 957-963, 1986.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da produção de grãos e seus componentes primários em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 10, p. 1203-1211, out. 1985.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide**: version 8. Cary, 2000.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, C. B.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, dez. 2009.

SILVA, F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, 2007.

SILVA, G. S. et al. Estimation of genetic progress after eight cycles of recurrent selection for common bean grain yield. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, p. 351-356, 2010.

SILVA, H. T. **Morfologia do feijoeiro**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_9_1311200215101.html>. Acesso em: dez. 2012.

SINGH, S. P. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris*. **Bean Improv. Coop. Ann. Rep.** Local de publicação, v. 25, p. 92-94, 1982.

SINGH, S. P. Bean genetics. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

SINGH, S. P. et al. Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 391-397, 1999.

SINGH, S. P.; MUNOS, C. G.; TERÁN, H. Determinacy of growth habit in common bean, *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, New York, v. 39, p. 211-212, 1996.

SULLIVAN, J. G.; BLISS, F. A. Recurrent mass selection for increase seed yield and seed protein percentage in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using a selection index. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 1, p. 42-46, 1983.

TAR'AN, B.; MICHAELS, T. E.; PAULS, K. P. Genetic mapping of agronomic traits in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 544-556, Mar./Apr. 2002.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, p. 577-582, 1999.

UPHOFF, M. D.; FEHR, W. R.; CIANZIO, S. R. Genetic gain for soybean seed yield by three recurrent selection methods. **Crop Science**, Madson, v. 37, p. 1155–1158, 1997.

VIEIRA, C. et al. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 301-392.

VIEIRA, C. **O feijoeiro comum**: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, MG: UFV, 1967. 220 p.

VOYEST, O.; DESSERT, M. Bean cultivars: classes and commercial seed types. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans**: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1993. p. 119-162.

WANG, X. W. et al. Effects of recurrent selection on populations of various generations in wheat by using the Tai Gu single dominant male-sterile gene. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.126, p. 397-402, 1996.

WIERSMA, J. J. et al. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. **Crop Science**, Madson, v. 41, n. 4, p. 999-1005, July/Aug. 2001.

WILCOX, J. R. Increasing seed protein in soybean with eight cycles of recurrent selection. **Crop Science**, Madson, v. 38, p.1536–1540, 1998.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1A Análise de variância da produtividade (kg/ha) e das notas de porte das plantas. Dados obtidos na avaliação de progênies $S_{0.3}$ do ciclo CVIII de seleção recorrente em Lavras, com semeadura na safra das águas de 2011/2012

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	97	1112439	7,23**	2,68	1,19
Entre Testemunhas (T)	1	168800	1,10	2,02	0,90
P vs T	1	13129	0,09	1,69	0,75
Erro	171	153788		2,25	
h ²		0,86		0,16	
LI		0,80		-0,21	
LS		0,90		0,41	
Acurácia		93%		40%	

** significativo a 1%, pelo teste F.

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas

Tabela 2A Análise de variância da produtividade (kg/ha) e das notas de porte das plantas. Dados obtidos na avaliação de progênies $S_{0.3}$ do ciclo CVIII de seleção recorrente em Patos de Minas, com semeadura na safra das águas de 2011/2012

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	97	539490	1,69**	1,48	2,24**
Entre Testemunhas (T)	1	3919688	12,27**	4,50	6,79**
P vs T	1	317	0,00	6,03	9,10**
Erro	171	319514		0,66	
h ²		0,41		0,55	
LI		0,15		0,36	
LS		0,58		0,68	
Acurácia		64%		74%	

** significativo a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

Tabela 3A Análise de variância da produtividade (kg/ha) e das notas de porte das plantas. Dados obtidos na avaliação de progênies S_{0:4} do ciclo CVIII de seleção recorrente em Lavras - MG, com semeadura na safra da seca de 2012

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	46	274384	2,42**	2,76	2,19**
Entre Testemunhas (T)	1	1895951	16,73**	7,59	6,00
P vs T	1	544336	4,80*	3,89	3,07
Erro	78	113340		1,27	
h ²		0,59		0,54	
LI		0,29		0,21	
LS		0,75		0,72	
Acurácia		76%		73%	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

Tabela 4A Análise de variância da produtividade (kg/ha) e das notas de porte das plantas. Dados obtidos na avaliação de progênies S_{0:4} do ciclo CVIII de seleção recorrente em Patos de Minas - MG, com semeadura na safra da seca de 2012

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	46	293727	1,71**	1,68	1,52*
Entre Testemunhas (T)	1	681850	3,98*	2,17	1,96
P vs T	1	450614	2,63	2,16	1,95
Erro	78	171374		1,11	
h ²		0,42		0,34	
LI		0,00		-0,13	
LS		0,65		0,60	
Acurácia		65%		58%	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

Tabela 5A Análise de variância da produtividade (kg/ha) e das notas de porte das plantas. Dados obtidos na avaliação de progênies S_{0,5} do ciclo CVIII de seleção recorrente em Lavras - MG, com semeadura na safra de inverno de 2012

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	13	169566	0,76	0,54	0,71
Entre Testemunhas (T)	1	1447	0,01	0,41	0,54
P vs T	1	461	0,00	1,72	2,27
Erro	21	224129		0,76	
h ²	α	0,00		0,00	
LI		-2,88		-3,13	
LS		0,49		0,46	
Acurácia		0,00		0,00	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.

Tabela 6A Análise de variância da produtividade (kg/ha) e das notas de porte das plantas. Dados obtidos na avaliação de progênies S_{0,5} do ciclo CVIII de seleção recorrente em Patos de Minas - MG, com semeadura na safra de inverno de 2012

F.V.	G.L.	Produtividade de grãos		Porte ^{1/}	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Entre Progênies (P)	13	214777	1,51	1,54	1,56
Entre Testemunhas (T)	1	148755	1,05	3,01	3,04
P vs T	1	116065	0,82	1,97	2,00
Erro	21	142104		0,99	
h ²		0,34		0,36	
LI		-0,94		-0,89	
LS		0,75		0,75	
Acurácia		58%		60%	

*,** significativo a 5% e a 1%, pelo teste F

^{1/} Nota de porte em que 1 é referente a plantas totalmente prostradas e 9 completamente eretas.