



INDALÉCIO CUNHA VIEIRA JÚNIOR

**NOVAS ESTRATÉGIAS NA AVALIAÇÃO DO
PORTE DO FEIJOEIRO**

LAVRAS - MG

2015

INDALÉCIO CUNHA VIEIRA JÚNIOR

NOVAS ESTRATÉGIAS NA AVALIAÇÃO DO PORTE DO FELJOEIRO

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

Orientador

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Júnior, Indalécio Cunha Vieira.

Novas estratégias na avaliação do porte do feijoeiro / Indalécio
Cunha Vieira Júnior. – Lavras : UFLA, 2015.

69 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador: Magno Antônio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. Porte do feijoeiro. 2. Melhoramento de plantas. 3. Resposta
correlacionada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

INDALÉCIO CUNHA VIEIRA JÚNIOR

NOVAS ESTRATÉGIAS NA AVALIAÇÃO DO PORTE DO FEIJOEIRO

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

APROVADA em 13 de julho de 2015.

Dra. Ângela Barbosa de Fátima Abreu EMBRAPA Arroz e Feijão

Dr. Helton Santos Pereira EMBRAPA Arroz e Feijão

Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
Orientador

LAVRAS - MG

2015

A Deus, por me guiar nas decisões mais importantes da minha vida e me fazer
crer que sempre podemos melhorar.

OFEREÇO

À minha mãe, Maria Izabel, por todo esforço em sempre me proporcionar
educação de qualidade e ao meu pai, Indalécio (*in memoriam*).

À minha família, por todo apoio nas minhas escolhas.

Aos meus avós, João e Palmira (*in memoriam*), pelos valiosos conhecimentos e
por todo carinho que me deram.

Aos amigos, que se tornaram parte da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A 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.

À minha mãe por todo carinho e dedicação em me educar.

À minha família, por todo apoio e confiança depositada em mim e por todos os ensinamentos.

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, ensinamentos e, principalmente, por me mostrar (e ser um exemplo) que trabalho e dedicação são a arma mais poderosa que temos.

Aos professores do Programa de Pós - Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, especialmente, ao professor José Airton por todo conhecimento passado dentro e fora da sala de aula.

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

Aos colegas de mestrado, por me ajudarem a superar as dificuldades e pelos momentos de descontração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos, tornando possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários Léo, Lindolfo, José Carlinhos, Vera, Marlene, Zélia, Rafaela, Ironcina, Sebastiana (Du) e Lilian, por estarem sempre dispostos a colaborarem com boa vontade.

Aos amigos da república Véio Chico: Gustavo (Vavá), Ramom, Vinicius (Toru), Emanuel e Rodrigo pelo companheirismo, amizade e pelas risadas proporcionadas.

Aos amigos Ricardo (Istalone), Kaio, Samuel (Prosa) e Bruna, por todo apoio e ajuda, pela imensa contribuição em meu conhecimento e por serem exemplos de profissionais.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado...

RESUMO

Na cultura do feijoeiro, plantas de porte ereto são valorizadas desde longa data. Na agricultura familiar elas são importantes por evitar perda do produto colhido e para os grandes empresários rurais elas facilitam a mecanização de áreas extensas. Entretanto, obtê-las é um grande desafio para os melhoristas, uma vez que o porte é controlado por muitos genes. Adicionalmente as cultivares devem possuir também boa aparência de grãos e serem produtivas. Para caracteres dessa natureza a melhor estratégia é realizar a seleção recorrente, sendo esta mais eficiente à medida que se diminui o número de safras para se completar um ciclo seletivo, procedendo a seleção massal antes do florescimento e só inter cruzando as plantas mais eretas. Para que isso ocorra é preciso que a arquitetura da planta no momento do florescimento reflita o que irá ocorrer próximo à colheita. Do exposto, objetivo desse trabalho foi verificar se há associação do porte da planta no florescimento e na colheita, estudar a relação entre alguns caracteres determinantes da arquitetura da planta e a produtividade de grãos e verificar se eles sofrem interação progênes x ambientes. Foram tomados dados da altura de plantas e notas de porte no florescimento e na colheita, diâmetro do hipocótilo, produtividade de grãos e massa de cem grãos. Utilizou-se 62 progênes mais duas testemunhas, nas gerações $S_{0.2}$, $S_{0.3}$ e $S_{0.4}$, em três locais no delineamento experimental lattice triplo. Estimou-se parâmetros genéticos e fenotípicos a partir das análises de variância por local e conjunta de todos os caracteres. Estimou-se também as correlações entre os caracteres dois a dois. Procedeu-se a seleção por meio de um índice envolvendo os caracteres avaliados e posteriormente estimou-se a resposta correlacionada nos caracteres pela seleção efetuada no índice. Constatou-se que a correlação, entre as alturas e as notas de porte no florescimento e na colheita foram de elevada magnitude. Observou-se também baixa associação entre porte e produtividade de grãos. Os resultados encontrados no trabalho permitem inferir que é possível realizar seleção para porte antes do florescimento e que porte e produtividade de grãos se expressam de maneira independente, além disso verificou-se baixa interação progênes x ambientes para os caracteres relacionados ao porte.

Palavras-chave: Porte do feijoeiro. Melhoramento genético de plantas. Resposta correlacionada.

ABSTRACT

In common bean, upright plants have been desired for a long time. For small farmers, growing upright plants is important because can avoid losses during harvest. On the other hand, for big farmers, it facilitates the harvest by allowing mechanization in large areas. However, getting this desired kind of plants is a challenge for breeders, since there are many genes under the control of this trait. Furthermore, commercial cultivars must have good grain appearance and quality, and high yield. For quantitative traits, like these, the best strategy is to apply recurrent selection, which is more efficient as the number of growing seasons is reduced to complete a selective cycle, i.e. selecting plants before flowering and crossing just the most upright plants. When doing this, it is necessary that the plant architecture at flowering reflects what will happen near harvesting. Thus, the aims of the present study was to verify if there is association between the plant architecture during flowering and harvest; to study the association among traits which are determinant to plant architecture and grain yield; and verify if there is progeny-by-environment interaction in these traits. The following traits were assessed: plant height, score for plant architecture at flowering and harvesting, hypocotyl diameter, grain yield and 100 grain mass. 62 progenies and 2 checks in generations $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ and $S_{0:4}$ were evaluated using the triple square lattice design, at three locations. Genotypic and phenotypic parameters for all traits were estimated from analysis of variance by using local and joint analysis. Also, correlations pair-wise among traits were estimated and used to calculate a selection index considering all traits assessed in this study. Afterward the correlated response was calculated for the traits based on the selection using the index. From the results, high estimates of correlation for plant height and plant architecture at flowering and harvest was observed. Moreover, there was low association between architecture plant score and grain yield. These results suggest some conclusions: it is possible to select upright plant architecture before flowering; plant architecture and grain yield are independently controlled; and there were non-significant progenies-by-environment interaction for the traits associated to plant architecture score.

Key words: Architecture of common bean plant. Plant breeding. Correlated response.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ideótipo da planta de feijoeiro proposto por Adams (1982).....	21
Figura 2	Esquema do programa de seleção recorrente para porte ereto da UFLA.....	31
Figura 3	Distribuição de frequência das médias das progênies para os caracteres: A - Altura no florescimento; B - Altura na colheita; C - Diâmetro do caule e D - Massa de 100 grãos. Dados obtidos na média de todos os ambientes avaliados	44
Figura 4	Distribuição de frequência das médias das progênies para os caracteres: A - Nota de porte no florescimento; B - nota de porte na colheita e C - Produtividade de grãos. Dados obtidos na média de todos os ambientes avaliados.....	45
Figura 5	Modelo do ideótipo da planta de feijoeiro proposto neste trabalho.....	55

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Resumo da análise de variância conjunta para as características altura no florescimento, em cm (Altura1), altura na colheita, em cm (Altura2), diâmetro do caule, em cm (Diâmetro) , massa de 100 grãos, em g, nota de porte no florescimento (Porte1), nota de porte na colheita (Porte2) e produtividade em Kg/ha (Prod). Dados obtidos nas avaliações das progênes $S_{0:2}, S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG42
- Tabela 2 Médias das progênes para a produtividade de grãos (Kg/ha) e altura no florescimento (cm) (Altura1) nos ambientes avaliados. Dados obtidos na avaliação de progênes $S_{0:2}, S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG43
- Tabela 3 Estimativa da herdabilidade, ganho com a seleção baseado no índice padronizado Z (GSp) e ganho com a seleção (GS) para os caracteres altura no florescimento (Altura1), altura na colheita (Altura2), diâmetro do caule (Diâmetro), massa de 100 grãos, nota de porte no florescimento (Porte1), nota de porte na colheita (Porte2) e produtividade em Kg/ha (Prod). Dados obtidos nas avaliações das progênes $S_{0:2}, S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG47
- Tabela 4 Estimativas das correlações fenotípica (acima da diagonal) e genética (abaixo da diagonal), duas a duas, para os caracteres altura no florescimento (Altura1), altura na colheita (Altura2), diâmetro do caule em cm (Diâmetro), massa de 100 grãos, nota de porte no florescimento (porte1), nota de porte na colheita (porte2) e produtividade de grãos em Kg/ha (Prod).

Dados obtidos a partir das médias da análise de variância conjunta de progênies nas gerações $S_{0.2}$, $S_{0.3}$ e $S_{0.4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.....48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Morfologia e modelo ideal de planta do feijoeiro	15
2.2	Controle genético dos caracteres associados à arquitetura da planta	21
2.3	Seleção recorrente	25
2.4	Programa de seleção recorrente para porte ereto das plantas, produtividade e qualidade de grãos conduzido na UFLA	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Locais	32
3.2	Material	32
3.3	Condução dos experimentos e dados amostrados	33
3.4	Análise dos dados	34
4	RESULTADOS	40
5	DISCUSSÃO	49
6	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE	64

1 INTRODUÇÃO

A procura por cultivares de feijão de porte mais ereto é de longa data, isto porque ela é importante tanto para a agricultura familiar como para os grandes empresários rurais. No primeiro caso, quando as plantas são mais eretas, diminui-se o contato das vagens com o solo e desse modo, mesmo que ocorra precipitação (chuva) no momento da colheita, diminui a ocorrência de apodrecimento de vagens e ou germinação dos grãos ainda nas vagens. No caso dos empresários rurais, as plantas eretas facilitam o manejo da cultura, pois permitem o trânsito de máquinas entre as linhas com poucos danos. Adicionalmente, a colheita pode ser mecanizada, com menores perdas.

A arquitetura da planta é dependente de vários caracteres (Teixeira et al., 1999) tais como hábito de crescimento, diâmetro do caule, comprimento dos internódios, número de ramificações, entre outros (KELLY, 2001). Informações do controle genético desses caracteres já foram obtidas em algumas oportunidades (NIENHUIS; SINGH, 1986; SANTOS; VENCOVSKY, 1986; SILVA et al., 2013a). Considerando o número de caracteres envolvidos e as informações disponíveis sobre controle genético, pode-se inferir que na obtenção de plantas eretas o melhorista deve manusear um grande número de genes. Numa situação como essa a melhor estratégia é por meio da acumulação gradual dos alelos favoráveis, isto é, por meio de sucessivos ciclos de seleção recorrente (HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010). A seleção recorrente, para porte com a cultura do feijoeiro, vem sendo realizada na Universidade Federal de Lavras desde 2001 (PIRES et al., 2014). Nos três primeiros ciclos a seleção foi realizada por meio da avaliação de progênies $S_{0.1}$ e $S_{0.2}$. Como o processo era demorado, após o terceiro ciclo, a seleção passou a ser massal, efetuada visualmente entre plantas na geração $S_0 = F_2$, ou seja, no campo, as

plantas que se mostrassem mais eretas antes do florescimento eram intercruzadas. Esse procedimento foi adotado até o ciclo XII.

Embora a seleção recorrente massal tenha sido eficiente, para a arquitetura da planta do feijoeiro (PIRES et al., 2014), questiona-se se a avaliação efetuada antes do florescimento repercute na observada no momento da colheita, quando as condições, especialmente em razão do peso das vagens, pode alterar o porte da planta. Também, com o incremento na colheita mecanizada, utilizando automotrizes, tem sido solicitado que as plantas sejam eretas, porém que apresentem bastantes ramificações para facilitar que o molinete das colheitadoras possa pegar as plantas que foram cortadas. Do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de verificar a associação entre a nota de porte no florescimento e na colheita; altura das plantas nessas duas fases e o diâmetro do caule com as notas de arquitetura. Também, estimar as associações desses caracteres com a produtividade de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morfologia e modelo ideal de planta do feijoeiro

Os programas de melhoramento que buscam um modelo ideal de arquitetura de planta devem levar em conta caracteres morfológicos que influenciam diretamente no fenótipo desejado. Assim, é indispensável conhecer a morfologia da espécie considerada.

O feijoeiro é uma fabácea composta por raiz, caule ou haste principal, folhas e hastes axilares, inflorescência, fruto e semente (CARNEIRO; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2015). A raiz é composta inicialmente por um eixo principal, a partir da qual surgem as raízes secundárias, desenvolvendo-se principalmente na parte superior; posteriormente surgem as terciárias, lateralmente às secundárias, as quaternárias sobre as terciárias e, assim, sucessivamente (ARAÚJO et al., 1996). O caule tem início a partir do ponto de inserção das raízes, é herbáceo, classificado morfológicamente como haste e constituído de nós e internódios, os quais são em número variável e dependente do hábito de crescimento (LEON, 1968).

O primeiro nó corresponde aos cotilédones, o segundo às folhas primárias e, a partir do terceiro nó, surgem as folhas trifolioladas. O maior ou menor desenvolvimento do caule, a duração e o grau de lignificação são os fatores que mais influenciam no aspecto vegetativo da planta. O feijoeiro apresenta dois tipos de folhas: simples e composta. As folhas simples formam-se primeiro, são apenas duas e apresentam filotaxia oposta e formato codiforme. Elas caem antes do total desenvolvimento das plantas. As folhas compostas são trifolioladas, dispostas alternadamente no caule e possuem: estípulas, pecíolo, raque, peciólulo, estípelas, pulvínulos e lâmina foliar composta (SANTOS; GAVILANES, 2006).

A planta de feijão possui vários tipos de hábito de crescimento que são determinantes do porte. Na classificação do hábito, um dos caracteres mais importantes é o tipo de florescimento. Quando a planta desenvolve inflorescência no ápice das hastes principal e lateral, diz-se que seu crescimento é determinado. Geralmente nessas plantas, a primeira flor se abre na inflorescência apical da haste principal e, em seguida, abrem-se as demais. Nas plantas de crescimento indeterminado, os meristemas apicais continuam vegetando, mesmo após o florescimento. Nessas plantas, normalmente a primeira flor abre-se em inflorescência posicionada na base e, posteriormente, abrem-se as demais posicionadas na parte superior.

Ao classificar os hábitos de crescimento, são considerados, além dos tipos de florescimento (determinado e indeterminado), o número de nós e o comprimento dos internódios, ao longo da haste principal, a intensidade de ramificação lateral e a habilidade trepadora da planta. Tomando-se como base esses caracteres, os hábitos são classificados nos tipos Ia, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IVa e IVb (CARNEIRO; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2015). O tipo I inclui cultivares de crescimento determinado e arbustivo. As plantas classificadas como tipo II são maiores, com crescimento indeterminado, porte ereto e arbustivo. Indivíduos de hábito IIb, por exemplo, são semitrepadores, possuindo haste principal mais longa, também chamada de “guia”. As plantas tipo III são prostradas ou semitrepadoras, sendo sua haste principal ligeiramente maior que as plantas do tipo II. As plantas do tipo IV apresentam acentuado comportamento trepador, podendo alcançar mais de 2 m de comprimento. Baseando-se no comportamento do hábito da planta, percebe-se que o ideótipo incluiria os tipos II ou III, assim, em programas de seleção, que visem ao caráter porte, devem ser os tipos preferidos.

As flores do feijoeiro agrupam-se em ráculos, que nascem nas axilas das folhas (LEON, 1968), a partir de gemas floríferas. Podem possuir cor

branca, rósea, púrpura, lilás, violeta ou tonalidades intermediárias. O fruto é um legume, geralmente alongado e comprido, possuindo diferentes formas e tamanhos. Sua coloração varia de acordo com a cultivar, de verde uniforme a arroxeadada ou quase negra. A altura da primeira vagem, em relação ao solo, é um caráter de destaque no melhoramento da cultura, pois está intimamente relacionada com perdas durante a colheita.

Alguns caracteres morfológicos, tais como diâmetro e comprimento do hipocótilo, altura da planta, número de internódios, número de vagens na parte superior, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens na haste principal são os mais frequentemente estudados nos principais trabalhos envolvendo arquitetura do feijoeiro. Acquaah, Adams e Kelly (1991) realizaram um trabalho envolvendo 17 variáveis relacionadas com a nota de porte da planta de feijoeiro. Esses autores mostraram, por meio do procedimento de regressão múltipla Stepwise, que o diâmetro do hipocótilo, altura da planta, ângulo dos ramos e vagens no ramo principal, foram os caracteres que mais contribuíram para o ideótipo da planta, sugerindo, assim, que eles devem ser enfatizados em programas de melhoramento que visem a plantas eretas.

Em estudos mais recentes têm-se buscado mostrar o controle genético destes caracteres (SILVA et al., 2013a) e mostram que vários genes estão envolvidos na sua expressão. É importante destacar que ganhos significativos na produtividade de várias culturas têm sido alcançados por meio da seleção para caracteres morfológicos da planta (ACQUAAH; ADAMS; KELLY, 1991; JENNINGS, 1964).

No feijoeiro, melhoristas sempre estiveram interessados em modificar o hábito de crescimento, a fim de melhorar a produtividade, reduzir o risco de perdas na lavoura em virtude da diminuição de doenças e do aumento da tolerância a estresses abióticos (CONYE, 1980). Deste modo, diversos estudos vêm sendo conduzidos no sentido de encontrar o fenótipo ideal de planta

(ACQUAAH; ADAMS; KELLY, 1991; ADAMS, 1973; BEATTIE et al., 2003; BROTHERS; KELLY, 1993; KELLY;ADAMS, 1987; SILVA; ABREU; RAMALHO, 2009). Uma das primeiras tentativas de modificar a arquitetura do feijoeiro foi para permitir a mecanização das cultivares americanas do grupo “*blue lake*” (MYERS; BAGGETT, 1999). Os melhoristas tiveram sucesso em modificar o hábito crescimento tipo IV desse grupo para o tipo I (FRAZIER; BAGGETT; SISTRUNK, 1958). Outro exemplo de êxito em modificar a arquitetura da planta foi com o grupo de cultivares americanas “*navy beans*”. Cultivares tradicionais, de hábito tipo III, eram muito susceptíveis a doenças e apresentavam grandes perdas em anos de elevada precipitação. Em 1957 foi lançada a primeira cultivar de “*navy bean*” de hábito determinado, “Sanilac” (ANDERSEN; DOWN; WHITFORD, 1960), a qual revolucionou a produção desse tipo de feijão no estado americano de Michigan (KELLY, 2001). É relatado na literatura que plantas de feijoeiro portadoras do ideótipo são mais produtivas que plantas de hábito de crescimento tipo I.

Em trabalho realizado por Izquierdo e Hosfield (1983), estimou-se o enchimento de grãos e seus componentes (taxa e duração) e a produtividade de quatro grupos distintos de cultivares: plantas de hábito de crescimento tipo I, plantas eretas e altas, plantas de hábito tipo II e plantas possuindo o ideótipo de porte. Com base nos dados, calculou-se a taxa linear de enchimento de grãos e a duração do enchimento. Foi encontrado que o grupo de cultivares com o ideótipo apresentava sementes mais pesadas que aquelas de hábito tipo I e, também, eram mais produtivas. Os autores discutem que, provavelmente, isso ocorre em razão do maior tempo de enchimento de grãos desses genótipos, uma vez que a taxa de enchimento entre os dois grupos foi similar. Além disso, o grupo de cultivares com porte ereto foi também mais produtivo que o grupo de hábito tipo II. É comentado que isso provavelmente ocorreu, porque plantas de porte ereto são mais resistentes ao acamamento, em decorrência da redução no

número de ramos e ao dossel mais compacto. Os autores comentam que o ideótipo de planta deve ser controlado por um complexo gênico, assim, esse fenótipo pode estar associado a aspectos fisiológicos da planta, levando-a atingir maior produtividade.

Baseado no sucesso do melhoramento para ideótipo em outras culturas, Adams (1973) propôs o tipo ideal de feijoeiro, e esse ideótipo foi descrito como “*archeotype*” por enfatizar caracteres relacionados à arquitetura da planta. O ideótipo deveria possuir arquitetura que favorecesse a produção em espaçamentos menores (35 cm) e maior densidade de plantas. Dos 11 caracteres observados pelo autor, seis eram relacionados a aspectos fisiológicos da planta. Após observar algumas evidências científicas para uma planta de alto rendimento, Adams (1982) reformulou seu modelo de planta do feijoeiro. A figura 1 ilustra a nova proposta. Segundo o autor, a planta de feijão deveria possuir as seguintes características:

- a) Número de nós da haste principal de 12 a 15;
- b) Quantidade média de ramos basais de 3 a 5;
- c) Crescimento indeterminado (embora o autor descreva como determinado na figura 1) e planta alta, mas não com acentuado crescimento de gavinha;
- d) Entrenós superiores maiores e mais numerosos do que os entrenós basais;
- e) Diâmetro do caule grosso;
- f) Planta de perfil compacto;
- g) Valores elevados dos componentes da produção, porém, em conformidade com os requisitos da classe comercial;
- h) Índice de área foliar em torno de 4 na floração;
- i) Características adicionais:

- Folhas pequenas e de orientação induzida pela luz;
- Duração da área foliar ao longo de todo período produtivo.
- Elevado peso seco foliar;
- Armazenamento de amido na raiz e mobilização durante enchimento de grãos;
- Alta taxa de enchimento de grãos;
- A maior duração da fase linear de enchimento de grãos.

As principais diferenças entre o modelo original e o reformulado é a exclusão de certos parâmetros fisiológicos e a mudança do hábito de crescimento determinado para o indeterminado tipo II. É preciso enfatizar que o modelo proposto por Adams foi desenvolvido sob condições temperadas e, atualmente, um dos desafios do melhoramento de plantas é produzir ideótipos adaptados aos diversos sistemas de cultivo existentes (TARDIEU; HAMMER, 2012). Assim, como Kelly (2001) comenta, um único ideótipo não é suficiente para todas as situações e há a necessidade de modelos específicos para cada tipo de mercado e condições ambientais. Nesse sentido, não foi idealizado até o momento, nenhum ideótipo que focasse nas condições de cultivo brasileira, sobretudo visando à colheita mecanizada.

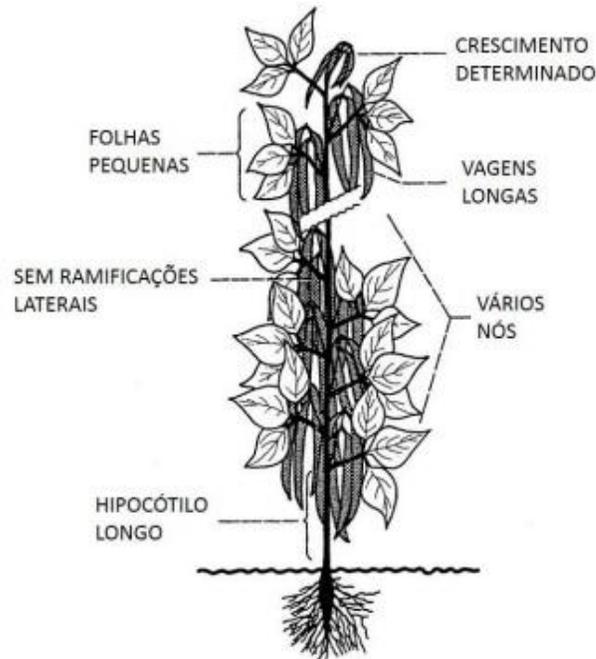


Figura 1 Ideótipo da planta de feijoeiro proposto por Adams (1982).

2.2 Controle genético dos caracteres associados à arquitetura da planta

Para o desenvolvimento de qualquer programa de melhoramento, é premissa básica conhecer o controle genético dos caracteres envolvidos no fenótipo desejado. Dessa forma, para a arquitetura da planta, diversos autores têm pesquisado o controle genético de caracteres envolvidos na determinação do porte.

A arquitetura depende da expressão de alguns caracteres morfológicos. Dessa maneira, os programas de melhoramento que buscam um ideótipo para arquitetura do feijoeiro devem levar em consideração algumas características morfológicas (CARNEIRO; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2015) como hábito de crescimento, presença de guia, diâmetro do caule, comprimento de entrenós,

altura da planta, inflorescência, comprimento da haste principal, *staygreen* e tamanho do grão.

Como comentado anteriormente, o feijoeiro pode ser de hábito determinado ou indeterminado. O controle genético desse caráter é realizado por um único gene (*Fin*), cujo alelo dominante é responsável pelo hábito indeterminado (BASSETT, 1997; KOINANGE; SINGH; GEPTS, 1996; LEAKEY, 1988). Esse gene tem efeito pleiotrópico em vários caracteres. O alelo recessivo *fin*, que confere hábito determinado, também favorece a precocidade no florescimento e reduz o número de nós no caule e, em consequência, o número de vagens. Esse gene também é ligado próximo ou pleiotrópico com o tamanho das folhas e dos grãos. Plantas *finfin*, normalmente, apresentam folhas e grãos grandes. Mais recentemente um segundo loco foi mapeado (KOLKMAN; KELLY, 2003). Ao que tudo indica, ele é responsável pelo hábito determinado de algumas cultivares americanas, as quais foram obtidas a partir de mutagênese (KWAK et al., 2012). Porém, MacClean et al. (2002) e Tar'an, Michaels e Pauls (2002) sugerem a existência de múltiplos genes controlando o hábito de crescimento no feijoeiro.

Outro caráter relacionado à arquitetura da planta é a presença de guia, sendo mais acentuada em plantas de hábito indeterminado. O controle dessa característica também é determinado por um único gene, denominado de *tor*, com dominância do alelo que condiciona a formação da guia (KRETCHMER; LAING; WALLACE, 1979). Para caracteres como grau de ramificação, comprimento da haste principal, comprimento de entrenós, diâmetro de entrenós e altura de inserção da primeira vagem, constatou-se predominância dos efeitos aditivos (NIENHUIS; SINGH, 1986; SANTOS; VENCOVSKY, 1986; SILVA et al., 2013a; TEIXEIRA; RAMALHO; ABREU, 1999). Singh (1991) relatou que o comprimento da haste principal é controlado por um gene, cujo alelo

dominante é responsável por haste longa, sofrendo também ação de outros genes.

Tem sido observado que plantas com porte ereto possuem senescência mais tardia do caule e das folhas em relação às vagens (*staygreen*), sendo um caráter de interesse, quando se realiza melhoramento, visando à obtenção de plantas de porte ereto. Ao avaliar plantas e progênes resultantes do cruzamento entre pais contrastantes para o *staygreen* Aguiar, Ramalho e Marques Júnior (2000) concluíram que o caráter é controlado por poucos genes, possuindo prevalência de efeitos dominantes e influência ambiental. Observou-se, no mesmo trabalho, que as correlações fenotípicas e genéticas entre o *staygreen* e a produtividade de grãos foram de pequena magnitude, sugerindo independência dos dois caracteres. É importante salientar que plantas que apresentam o caule verde no momento da colheita dificultam a trilha dos grãos, pois elas enrolam-se no cilindro da máquina, diminuindo a eficiência da trilha.

Outros caracteres relacionados à arquitetura da planta, também, têm sido estudados. Teixeira, Ramalho e Abreu (1999) avaliaram grau de ramificação, comprimento de entrenós, diâmetro de entrenós, altura de inserção da primeira vagem e nota de porte. Neste trabalho foram estimados os componentes de média e variância e, posteriormente, obtiveram-se progênes oriundas de plantas F_2 ou F_3 . Os autores constataram que o comprimento de entrenós foi o que apresentou maior variação, havendo predominância de efeitos aditivos no controle deste caráter. Também é relatado que a avaliação do porte, por meio de notas de plantas individuais, é de baixa eficiência, porém essa metodologia permite ganhos quando se realizam avaliações de progênes, especialmente se for após algumas gerações e/ou ambientes. No mesmo trabalho, foi relatado que as estimativas da herdabilidade, baseadas em componentes de variância e da herdabilidade realizada, tiveram baixa coincidência, principalmente, quando esses valores foram obtidos, com base na performance média de progênes

obtidas de diferentes gerações ($F_{2.3}$ e $F_{2.4}$). Esses resultados evidenciam forte presença da interação genótipos x ambientes, influenciando na arquitetura de planta, o que dificulta ainda mais o trabalho dos melhoristas.

De maneira geral, observa-se predominância de efeitos genéticos aditivos para caracteres relacionados à arquitetura da planta (NIENHUIS; SINGH, 1986; SANTOS; VENCOSKY, 1986; SILVA et al., 2013a). Recentemente, em um trabalho realizado por Silva et al. (2013b), os autores promoveram um cruzamento entre dois grupos contrastantes, segundo um esquema de dialelo parcial, um com oito e outro com sete genitores. No primeiro grupo os genitores possuíam porte ereto, grãos de baixa qualidade comercial e eram pouco produtivos. O grupo 2 foi formado por linhagens de porte prostrado ou semiprostrado, mais produtivas e com grãos de boa qualidade comercial. Avaliou-se produtividade e alguns caracteres associados ao porte da planta. A fonte de variação tratamentos foi decomposta em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Os resultados mostraram que a CGC predominou sobre a CEC, para os caracteres diâmetro do hipocótilo e nota de porte, sugerindo predominância de efeitos aditivos. O oposto foi encontrado para altura de plantas e produtividade de grãos, indicando maior contribuição dos efeitos de dominância. Com essas informações, os autores concluíram que a seleção para plantas de porte ereto pode ser feita em gerações iniciais, já que predominam efeitos aditivos no controle desse caráter. Para produtividade de grãos, a seleção deve ser realizada em gerações mais avançadas. Desse modo, na seleção dos caracteres envolvidos na arquitetura da planta e produtividade de grãos, deve estar envolvido um grande número de genes.

2.3 Seleção recorrente

Como já foi mencionado, a maioria dos caracteres com os quais os melhoristas lidam é controlado por inúmeros genes. Assim, encontrar um indivíduo que contemple todos os alelos favoráveis torna-se uma tarefa quase impossível de ser realizada, exigindo a avaliação de um número enorme de progênies, o que inviabilizaria realizar a seleção (RAMALHO et al., 2012). Deste modo, o melhoramento genético deve ser realizado por etapas, por meio de sucessivos ciclos de seleção.

A seleção recorrente tem por base justamente esse princípio, ou seja, é 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). Na verdade, qualquer programa conduzido a médio e longo prazo realiza a seleção recorrente, pois as melhores linhagens obtidas são sempre utilizadas nas hibridações da etapa seguinte. Geraldi (2005) define a seleção recorrente 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.

Como comentado anteriormente, a seleção recorrente dá suporte ao melhorista para lidar com caracteres de controle genético complexo. Fouilloux e Bannerot (1988) apresentam exemplos que justificam o uso dessa metodologia. Eles consideram um caráter controlado por 20 genes e tomam como base cinco populações diferindo entre si quanto à frequência de alelos favoráveis. A partir desses valores, os autores realizam algumas simulações. Supondo que se deseje

selecionar uma linhagem, contendo todos os alelos favoráveis baseados em uma população com frequência do alelo favorável (P_1) igual a 0,3, a probabilidade de encontrar o referido genótipo corresponde a um indivíduo em cada $2,8679 \times 10^9$. Admitindo que o melhorista optasse por uma linhagem com 80% dos alelos favoráveis, o que é mais comum em termos práticos, a chance de encontrá-la seria 1 em 180.000. Para outra população com frequência do alelo favorável P_2 igual 0,7, a chance desse indivíduo passa a ser de 1 em 5. Com base nos valores apresentados, fica fácil visualizar que em populações com maior frequência do alelo favorável, há maiores chances de obter sucesso com a seleção.

Um exemplo prático da seleção recorrente é ilustrado por Bernardo (2002). Para isso ele utilizou dados de um programa de seleção para teor de óleo e proteína em milho, iniciado 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 (C0) e a melhor espiga sendo selecionada o ganho com a seleção seria de apenas 3,6 desvios aditivos em relação à média do C0, mesmo considerando 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.

A seleção recorrente é realizada em três etapas: a primeira é a obtenção da população base. O objetivo é que ela possua grande variabilidade e média alta. A segunda é a identificação dos melhores indivíduos/progênie, e a terceira etapa compreende a sua recombinação. Merece destaque o número de genitores na construção da população base. Se for um número grande, torna-se difícil encontrar todos os genitores com médias desejáveis para o caráter; também, a contribuição alélica de cada um seria tão pequena que haveria perdas logo nos primeiros ciclos. Se o número de genitores for muito pequeno, a probabilidade

de associar a maioria dos alelos também é baixa (RAMALHO et al., 2012). O ideal é proceder com 10 a 20 genitores.

Como na grande maioria das espécies cultivadas, é possível realizar hibridações manualmente, existem várias opções de cruzamentos. Segundo Ramalho et al. (2012), a melhor opção é realizar hibridações direcionadas simultaneamente com o processo de seleção. Uma alternativa que tem sido utilizada com sucesso é a metodologia proposta por Bearzoti, descrita por Ramalho, Abreu e Santos (2001). Outra estratégia é proceder ao cruzamento de cada linhagem com todas as demais. Desse modo, considerando 20 pais, são obtidos 20 “*top crosses*”.

Existem muitas opções descritas na literatura para a seleção dos indivíduos obtidos em cada população. A seleção de plantas individuais, ou seleção massal, é uma opção, porém aconselhável apenas 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. 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.

A avaliação de progênies é preferida quando o caráter em questão possui baixa herdabilidade, porque permite que o melhorista faça as avaliações em experimentos com repetições conduzidos em diferentes ambientes. O uso de progênies permite avaliar o valor genotípico das plantas pela performance fenotípica média de seus descendentes. Como essa avaliação é feita em experimentos com repetição, as estimativas dos valores genotípicos das plantas têm maior acurácia do que aquelas obtidas apenas com a avaliação individual,

uma vez que, com esse procedimento, há maior controle local, diminuindo o erro experimental e a interação genótipos x ambientes. Dessa forma, as médias das progênies expressam menor erro associado do que os valores de plantas individuais.

Para o caso específico do feijoeiro, Ramalho, Abreu e Santos (2005) comentam que têm sido avaliadas as gerações $S_{0:1}$ e $S_{0:2}$. Como em $S_{0:1}$ o número de sementes é limitado, realiza-se uma seleção branda. Já em $S_{0:2}$ é possível aplicar uma pressão de seleção maior, pois se avalia em mais locais e repetições. Um questionamento importante é o número de progênies a serem avaliadas. Como regra geral, o indicado é avaliar um grande número de progênies para poder aplicar uma alta intensidade de seleção (RAMALHO et al., 2012).

A etapa de recombinação das progênies selecionadas é a parte mais fácil da seleção recorrente. O sucesso está em identificar as progênies realmente superiores, para serem intercruzadas, como já comentado. O processo é dinâmico e pode-se, a qualquer intercruzamento, inserir 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 retrocruzamento deve ser conduzido à parte e só depois que seus descendentes apresentarem níveis satisfatórios de adaptação é que devem ser incluídos no intercruzamento.

2.4 Programa de seleção recorrente para porte ereto das plantas, produtividade e qualidade de grãos conduzido na UFLA

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) iniciou um programa de seleção recorrente em 2001 visando obter plantas de feijão que associem boa produtividade, porte ereto das plantas e grãos comerciais.

Inicialmente foram cruzadas 10 linhagens de feijão em um esquema do tipo dialélico completo, sem os recíprocos, obtendo-se 42 populações F_2 (S_0). Dentre essas, foram selecionadas as onze mais promissoras e, em seguida, escolheram-se 190 plantas que originaram as progênies $S_{0,1}$ do ciclo 0 (C_0). Essas progênies foram avaliadas em experimento com repetições e, após as análises dos dados, selecionaram-se as 60 melhores progênies $S_{0,2}$. Destas, foram escolhidas dez progênies $S_{0,3}$ para serem recombinadas, originando a população do ciclo I da seleção recorrente. O processo se repetiu para os ciclos II e III (CUNHA; RAMALHO; ABREU, 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008).

A partir do ciclo III, o procedimento foi modificado e a seleção passou a ser massal. No início do florescimento, na geração S_0 , realizava-se seleção visual para as plantas mais eretas. Essas eram intercruzadas visando à obtenção do ciclo seguinte. As sementes “ F_1 ” obtidas eram semeadas e na geração “ S_0 ”, a seleção era realizada como já comentado para a obtenção dos demais ciclos (Figura 2). A cada três ciclos, isto é, no CV e CVIII foram obtidas progênies $S_{0,1}$ e realizada a seleção até a obtenção das linhagens.

As estimativas do progresso genético com a seleção para os três primeiros ciclos do programa mostraram um ganho genético com a seleção recorrente de 3,1% por ciclo a partir de um índice obtido com a soma das variáveis padronizadas, considerando simultaneamente, a produtividade, a arquitetura da planta e o tipo de grão (MENEZES JÚNIOR; RAMALHO;

ABREU, 2008). Mais recentemente, avaliaram-se progênies oriundas do quinto e do oitavo ciclo desse programa. Para o porte, foi obtido um ganho de 1,62% por ciclo e a seleção indireta para arquitetura contribuiu para o progresso genético na produtividade de grãos de 6,81% por ciclo (PIRES et al., 2014). Atualmente o programa se encontra no ciclo XII. A figura 2 apresenta um esquema dos vários ciclos de seleção desse programa.

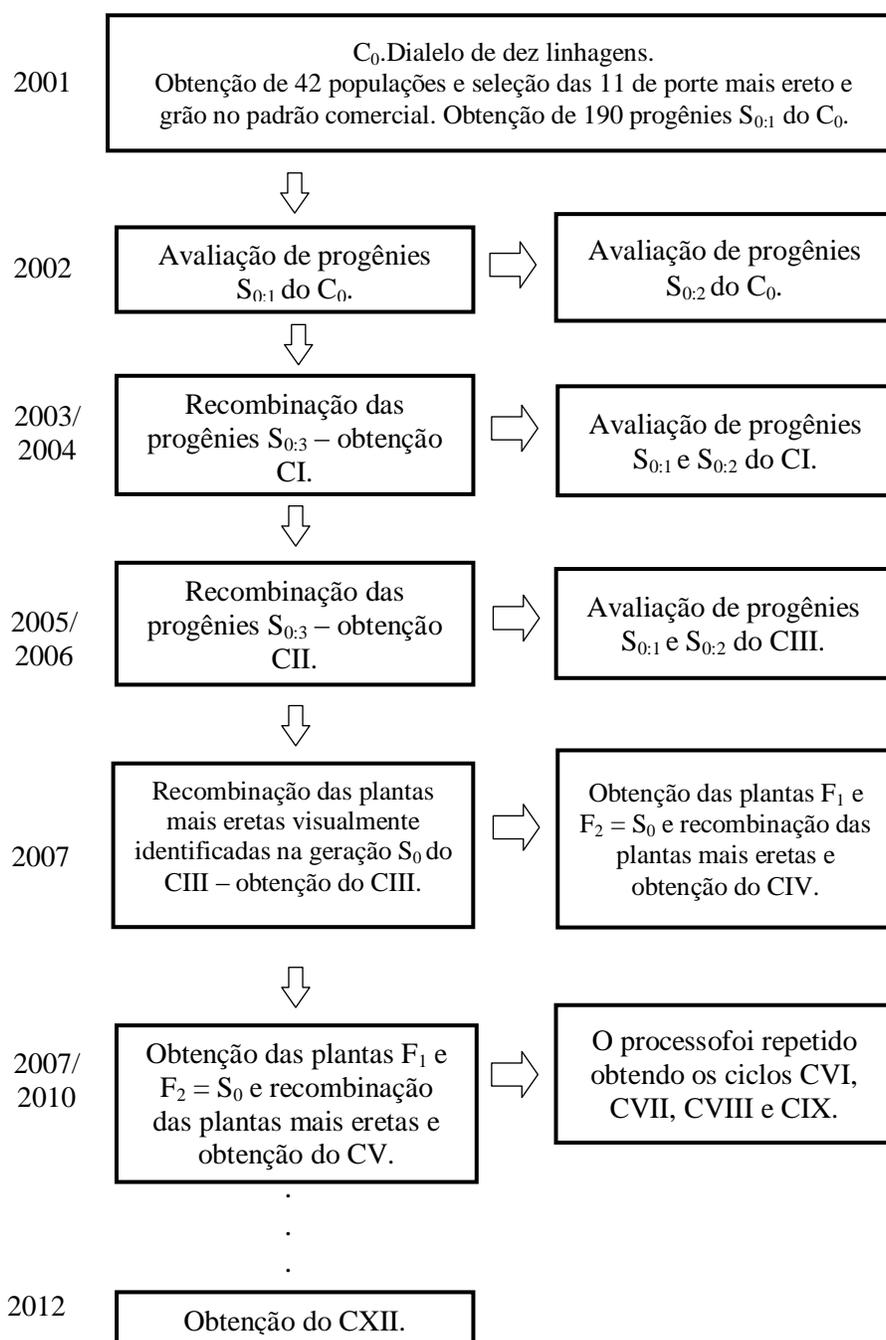


Figura 2 Esquema do programa de seleção recorrente para porte ereto da UFLA

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais

As avaliações 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; 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; e Lambari – MG, na EPAMIG, que se localiza a 21° 58' de latitude sul, 45° 21' de longitude oeste e 887m de altitude.

3.2 Material

Foram avaliadas 62 progênies nas gerações $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ do CXII de um programa de seleção recorrente para porte ereto das plantas. Os detalhes a respeito do programa de seleção recorrente que originaram as progênies foram apresentados por Pires et al. (2014). Em todos os experimentos, além das 62 progênies, foram incluídas duas testemunhas, a cultivar BRSMG Majestoso, a partir desse momento, denominada apenas de “Majestoso”, escolhida como padrão de produtividade entre as cultivares de tipo carioca (ABREU et al., 2007). A outra testemunha foi a “Supremo”, cultivar de grãos pretos, escolhida por ser uma referência em termos de planta ereta (COSTA et al., 2004).

3.3 Condução dos experimentos e dados amostrados

As progênies da geração $S_{0.2}$ foram avaliadas em de julho de 2013. Em novembro de 2013 avaliaram -se as progênies da geração $S_{0.3}$ e em março de 2014 as da geração $S_{0.4}$.

O delineamento experimental foi um látice triplo 8x8. Cada parcela foi composta por duas linhas de 2m com espaçamento de 60 cm. O número de sementes/m e o manejo seguiram as recomendações agronômicas preconizadas para a cultura do feijoeiro no estado. Logo após o florescimento, identificaram-se, em cada parcela três plantas, sendo obtida a altura das mesmas (Altura1) e a nota de porte das parcelas (Porte1). No momento da colheita, nas mesmas plantas marcadas no florescimento, foram anotados os seguintes dados: altura das plantas (Altura2), o diâmetro do caule em centímetros (cm), a massa de 100 grãos em gramas (g) e a produtividade de grãos, em kg/ha, obtida considerando todas as plantas da parcela.

As notas de porte das parcelas foram atribuídas por meio de uma escala de notas proposta por Collicchio, Ramalho e Abreu (1997) modificada, em que um representa plantas não eretas e nove representa plantas eretas, conforme descrito no quadro 1.

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.

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

Fonte: Collichio, Ramalho e Abreu (1997).

3.4 Análise dos dados

Todos os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), individual e posteriormente envolvendo todos os locais e gerações (ambientes).

O modelo estatístico para essas análises foi:

$$Y_{iql} = m + t_i + b_q + p_{l(q)} + e_{iql}$$

em que:

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

m : constante, que nesse caso foi considerada a média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 64$;

b_q : efeito da repetição q , sendo $q = 1, 2$ e 3 ;

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

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

Para cada experimento foi estimada a acurácia seletiva (r_{gg}) pela seguinte expressão (RESENDE; DUARTE, 2007):

$$r_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

em que:

F : Valor do teste F de Snedecor para o efeito de progênies na análise de variância.

Foi efetuada posteriormente a análise conjunta, a partir das médias ajustadas das análises individuais, considerando como aleatório o efeito de progênies e o erro, segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = m + t_i + a_k + ta_{(ik)} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : Valor observado do tratamento i (progênie + testemunha) dentro do ambiente k ;

m : constante que, nesse caso, foi considerada a média geral do experimento;

t_i : efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 64$.

a_k : efeito do ambiente k , sendo $k = 8$;

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

e_{ijk} : erro experimental médio associado a cada ambiente em que foram realizadas as avaliações dos tratamentos. Os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ_e^2 .

As médias dos caracteres avaliados, para cada ambiente, foram padronizadas para obtenção da variável Z (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Como essa assume valores negativos e positivos, foi adicionada uma constante igual a 5, de modo a não haver valores negativos. Assim, a média populacional passa a ser 5, em vez de zero. Após a padronização, foi obtido o somatório de Z, considerando os seguintes caracteres: altura no florescimento, peso de 100 grãos, diâmetro do caule, nota de porte no florescimento e produtividade de grãos. Procedeu-se à análise de variância do somatório de Z, considerando o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = m + t_i + a_k + ta_{(ik)}$$

Em que m, t_i e a_k já foram definidos. O termo $ta_{(ik)}$ é a interação do tratamento i com o ambiente k e foi considerado como sendo o erro experimental associado à observação Y_{ik} .

A partir das esperanças dos quadrados médios das ANAVA's individuais estimou-se a herdabilidade (h_k^2), na média das progênies avaliadas, para todos os caracteres por ambiente k, pelo seguinte estimador:

$$h_k^2 = \frac{Q_{1k} - Q_{2k}}{Q_{1k}}$$

em que:

Q_{1k} : Quadrado médio entre progênies no ambiente k;

Q_{2k} : Quadrado médio do erro no ambiente k;

Para estimar o intervalo de confiança da herdabilidade, utilizaram-se as expressões apresentadas por Knapp, Stroup e Ross (1985), com $\alpha=0,05$:

$$LI = \left\{ \left[\left(\frac{Q_{1k}}{Q_{2k}} \right) \times F_{1-\frac{\alpha}{2}; g^l; g^l_1} \right]^{-1} \right\}$$

$$LS = \left\{ \left[\left(\frac{Q_{1k}}{Q_{2k}} \right) \times F_{\frac{\alpha}{2}; g^l; g^l_1} \right]^{-1} \right\}$$

em que:

F: valor tabelado a $1-\alpha/2$ e $\alpha/2$.

Q_{1k} : Quadrado médio entre progênes;

Q_{2k} : Quadrado médio do erro.

A herdabilidade (h^2) de cada caráter, para a seleção na média das progênes envolvendo todos os ambientes, foi estimada a partir das esperanças dos quadrados médios da ANAVA envolvendo todos os ambientes. Adotou-se o critério de considerar progênes x ambientes aleatório embora o efeito de ambiente fosse fixo (RAMALHO et al., 2012).

A h^2 foi obtido pelo seguinte estimador:

$$h^2 = \frac{QM_P - QM_I}{QM_P}$$

em que:

QM_p: Quadrado médio entre progênies da análise de variância conjunta;

QM_i: Quadrado médio da interação Progênies x Ambientes obtido na análise de variância conjunta.

Foi estimado o ganho esperado com a seleção (GS%), baseado na média das progênies de todas as gerações e locais. O estimador adotado para obter essas estimativas foi apresentado por Ramalho et al. (2012), ou seja:

$$GS(\%) = \frac{ds \times h^2}{M_o} \times 100$$

em que:

GS(%): Ganho esperado com a seleção em porcentagem;

M_o: Média geral de todas as progênies.

ds: diferencial de seleção, obtido por M_s-M_o, sendo M_s a média das progênies selecionadas.

h²: herdabilidade na média das progênies.

Para estimar o ganho esperado utilizando índice Z, o procedimento foi idêntico ao descrito anteriormente.

Além dos parâmetros genéticos e fenotípicos foram estimadas as correlações fenotípicas e genéticas dos caracteres dois a dois a partir da análise conjunta utilizando procedimento semelhante ao apresentado por Vencovsky e Barriga (1992).

Estimou-se, também, a resposta correlacionada pela seleção realizada considerando o índice Z(y), para todos os caracteres (x), pelo estimador:

$$RC_{x(y)} = \frac{M_{sx} - M_o}{M_o} \times h_x^2 \times 100$$

em que:

$RC_{x(y)}$: Resposta correlacionada do caráter x em relação ao y.

M_{sx} : Média dos indivíduos selecionados no caráter x com base no ranqueamento realizado no caráter y.

M_o : Média geral de todas as progênies.

h_x^2 : Herdabilidade do caráter x.

4 RESULTADOS

Os resumos das análises de variância para os diferentes caracteres avaliados, nas diferentes gerações e locais estão apresentados nas tabelas 1A a 7A. Constatou-se que ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,01$) para a maioria dos caracteres, em quase todos os ambientes, condição essa fundamental para que os objetivos da pesquisa fossem atingidos. A medida da precisão experimental, avaliada por meio da estimativa da acurácia, na maioria das situações, foi superior a 70% mostrando boa precisão experimental na avaliação de quase todos os caracteres.

Diferença significativa ($p \leq 0,01$) entre os ambientes foi observada para todos os caracteres nas análises conjuntas (Tabela 1), o mesmo ocorrendo quando se decompôs essa fonte de variação entre locais, gerações (época de semeadura) e interação entre eles. Tomando como referência a produtividade de grãos, a altura das plantas no florescimento (Altura1) e o porte no florescimento (Porte1) percebe-se que independente da geração a melhor performance das plantas ocorreu em Patos de Minas, para esses caracteres (Tabela 2).

Constatou-se (Tabela 1) que a fonte de variação progênes foi significativa ($p \leq 0,01$) para todos os caracteres. Já a fonte de variação testemunhas só mostrou diferença significativa para os caracteres nota de porte nas duas fases de avaliação e diâmetro do caule, permitindo inferir que as testemunhas apresentaram, na média dos ambientes, a mesma produtividade de grãos, altura das plantas e massa de 100 grãos. O contraste progênes vs testemunhas só não foi significativo, para a produtividade de grãos, indicando que em média as progênes diferiram da média das testemunhas para todos os caracteres exceto à produtividade de grãos.

As interações envolvendo progênes x ambientes foram significativas ($p \leq 0,01$) para todos os caracteres, exceto o diâmetro (Tabela 1), mostrando que

o comportamento das progênies não foi coincidente nos diferentes ambientes (gerações e locais) avaliados. Embora a interação envolvendo gerações e locais fosse significativa, a ênfase na apresentação dos resultados terá como foco o que ocorreu na média de todos os ambientes.

Tabela 1 Resumo da análise de variância conjunta para as características altura no florescimento, em cm (Altura1), altura na colheita, em cm (Altura2), diâmetro do caule, em cm (Diâmetro), massa de 100 grãos, em g, nota de porte no florescimento (Porte1), nota de porte na colheita (Porte2) e produtividade em Kg/ha (Prod). Dados obtidos nas avaliações das progênes S_{0,2}, S_{0,3} e S_{0,4} em Lavras - MG, Lambari - MG e Patos de Minas - MG

FV	GL	QM						
		Altura1	Altura2	Diâmetro	Mgrão	Porte1	Porte2	Prod
Ambientes (A)	7	11449,67**	29080,47**	96,28**	1828,53**	52,51**	72,07**	57641338,50**
Tratamento (T)	63	2245,95**	1560,77**	5,34**	108,15**	18,33**	22,99**	863988,60**
Entre progênes (P)	61	1895,07**	1459,57**	4,39**	97,33**	13,81**	17,70**	873074,10**
Testemunhas (Te)	1	465,16 ^{NS}	279,50 ^{NS}	10,45**	82,37 ^{NS}	42,72*	102,67**	884277,42 ^{NS}
Progênes vs Te	1	25430,62**	9015,63*	58,16**	793,70**	269,51**	265,62**	289482,18 ^{NS}
Tratamento x Ambientes	441	302,17**	266,54**	1,31 ^{NS}	38,91*	1,41**	1,65**	324757,20**
P x A	427	276,55**	246,84**	1,31 ^{NS}	39,65**	1,33**	1,58**	321356,10**
Te x A	7	336,15**	409,72**	0,26 ^{NS}	19,40 ^{NS}	3,56**	1,60**	351530,96**
P vs Te x A	7	1830,96**	1324,88**	2,67*	13,41 ^{NS}	4,09**	5,96**	505435,91*
Erro Médio	840	153,24	131,27	1,30	33,69	0,75	1,13	239892,59

** , * significativo, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 Médias das progênies para a produtividade de grãos (Kg/ha) e altura no florescimento (cm) (Altura1) nos ambientes avaliados. Dados obtidos na avaliação de progênies S_{0:2}, S_{0:3} e S_{0:4} em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG

Caráter	Local	S0:2	S0:3	S0:4	Média
Altura1	Lavras	43,35	61,83	48,19	51,12
	Lambari	55,50	65,81	60,34	60,55
	Patos de Minas	62,32	60,20	-	61,26
	Média	53,72	62,61	54,27	
Produtividade	Lavras	3045,01	1606,11	2852,63	2501,25
	Lambari	2618,95	1776,08	2646,27	2347,10
	Patos de Minas	3006,32	2708,03	-	2857,17
	Média	2890,09	2030,07	2749,45	
Porte1	Lavras	7,68	7,47	7,23	7,46
	Lambari	6,91	7,52	6,06	6,83
	Patos de Minas	7,65	7,48	-	7,56
	Média	7,41	7,49	6,65	

A existência de variabilidade entre as progênies pode ser comprovada por meio da distribuição de frequência das médias (Figuras 3 e 4). Veja que a altura das plantas no florescimento (Altura1) variou de 42,7 a 90,9 cm. A amplitude de variação entre média de progênies desse caráter foi de 48 cm, isto é, 84% da média. Para a Altura2 a variação foi semelhante. No caso do diâmetro, a amplitude foi de 36% da média e, para a massa de 100 grãos, 32%. Para os caracteres nota de porte no florescimento e na colheita a amplitude foi semelhante proporcionalmente às obtidas com a altura. Com relação à produtividade de grãos, a amplitude de variação foi de 38% em relação à média geral.

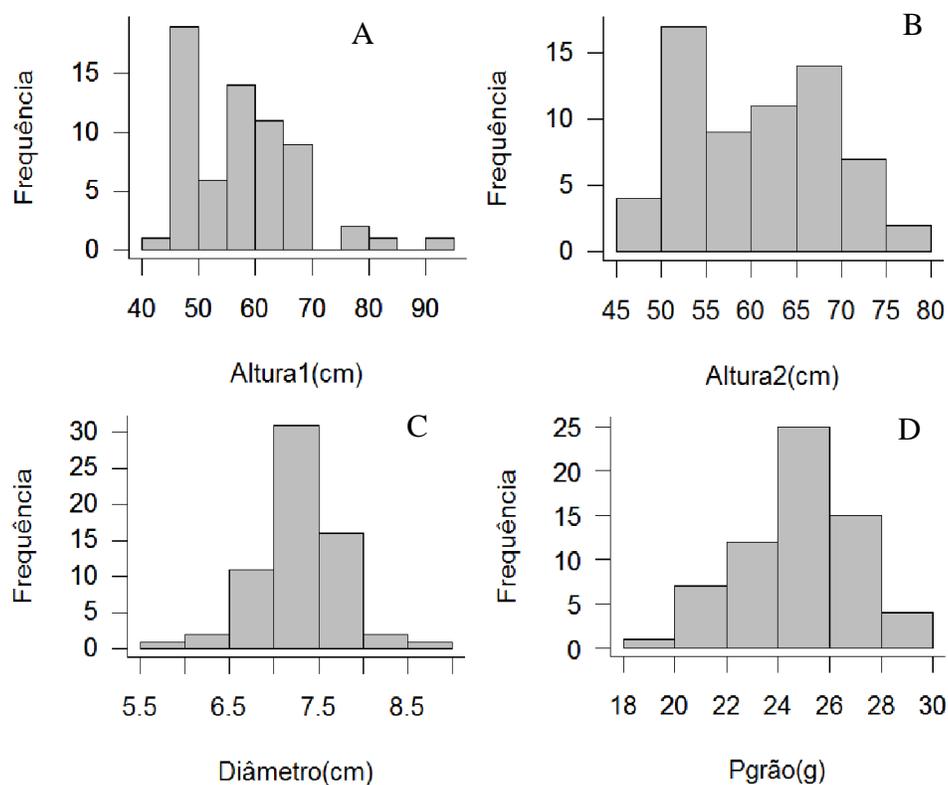


Figura 3 Distribuição de frequência das médias das progênes para os caracteres: A - Altura no florescimento; B - Altura na colheita; C - Diâmetro do caule e D - Massa de 100 grãos. Dados obtidos na média de todos os ambientes avaliados

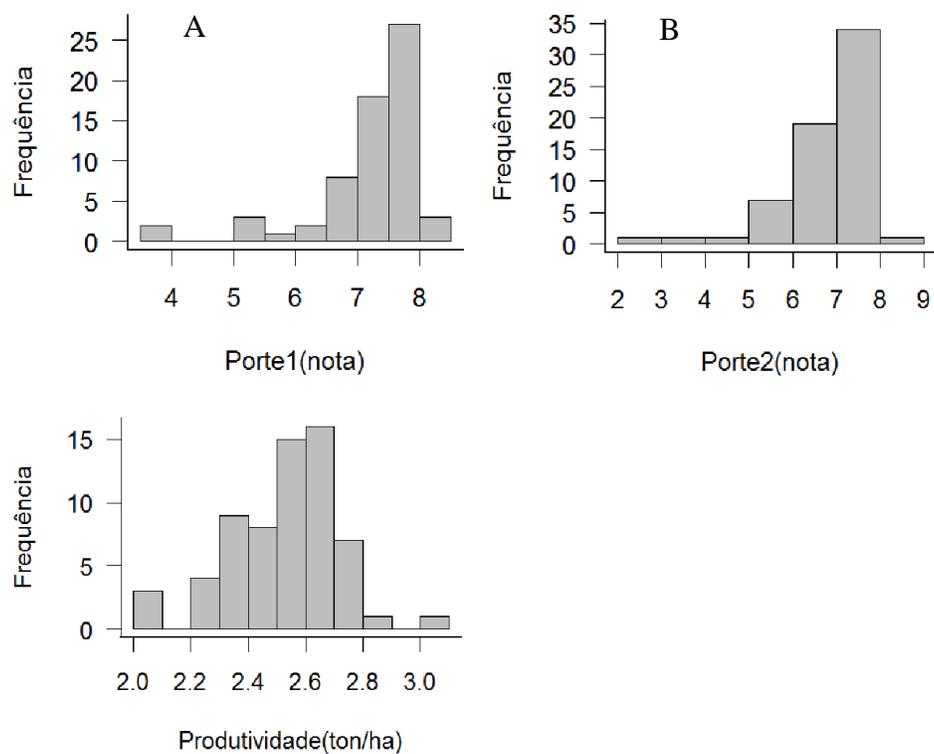


Figura 4 Distribuição de frequência das médias das progênies para os caracteres: A - Nota de porte no florescimento; B - Nota de porte na colheita e C - Produtividade de grãos. Dados obtidos na média de todos os ambientes avaliados

Outra alternativa para comparar a existência de variação entre as progênes é por meio da estimativa da herdabilidade. Na tabela 8A do apêndice é mostrado que, na maioria dos casos, elas foram superiores a 50% e, também, os intervalos de confiança foram positivos, independente da ocorrência de interação genótipos x ambientes significativas. Considerando a seleção na média das progênes, em todos os ambientes, verifica-se que as estimativas foram todas superiores a 59%. Também, pode-se observar que o limite inferior das estimativas foi sempre positivo e o intervalo de confiança das estimativas na maioria dos casos foi pequeno, indicando boa precisão na sua obtenção (Tabela 3).

Como no melhoramento do feijoeiro é necessário manusear vários caracteres ao mesmo tempo, a melhor opção é utilizar um índice para a seleção. Nesse caso optou-se por ter a soma das variáveis padronizadas. Como as estimativas da correlação das notas de porte e das alturas, nas duas épocas de avaliação foi alta, optou-se por envolver no índice apenas a Altura1 e Porte1 com os demais caracteres. Na tabela 9A observa-se o resumo da análise de variância para esse índice. Percebe-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,01$) entre as progênes. Além disso, a magnitude da estimativa da herdabilidade, foi elevada (73%), o que é uma condição para o melhorista favorável à seleção envolvendo todos os caracteres.

O ganho esperado com a seleção utilizando o índice foi superior a 5%. Observe, também, que a resposta correlacionada, nos caracteres avaliados pela seleção efetuada no índice, foi em todos os casos positiva. Deve-se destacar contudo que, em algumas situações, a resposta correlacionada foi de pequena magnitude em relação ao ganho direto realizado no caráter. Tomando como referência a produtividade de grãos, o ganho com a seleção foi três vezes superior ao obtido na resposta correlacionada na seleção efetuada no índice (Tabela 3).

Tabela 3 Estimativa da herdabilidade, ganho com a seleção baseado no índice padronizado Z (GSp) e ganho com a seleção (GS) para os caracteres altura no florescimento (Altura1), altura na colheita (Altura2), diâmetro do caule (Diâmetro), massa de 100 grãos, nota de porte no florescimento (Porte1), nota de porte na colheita (Porte2) e produtividade em Kg/ha (Prod). Dados obtidos nas avaliações das progênes S_{0:2}, S_{0:3} e S_{0:4} em Lavras - MG, Lambari - MG e Patos de Minas - MG

FV	Índice Z	Altura1	Altura2	Diâmetro	Mgrão	Porte1	Porte2	Prod
h ² (%)	74,61	85,41	83,09	70,24	59,26	90,34	91,09	63,19
LI	63,80	77,29	73,99	57,44	43,05	85,42	86,74	47,02
LS	83,15	89,41	87,87	80,16	73,45	93,20	93,82	75,30
GS(%)	5,47	23,81	5,82	7,25	8,07	9,85	11,54	7,54
RC(%)	-	9,5	-	4,63	2,3	8,74	-	2,44

LI - limite inferior e LS - limite superior dos intervalos de confiança, a 5% de probabilidade.

h²(%) - Herdabilidade na média das progênes, utilizando a expressão de Knapp, Stroup e Ross (1985) ao nível de 5%.

GS- Ganho com a seleção na média das progênes.

RC- Ganho com a seleção na média das progênes a partir dos valores padronizados.

As estimativas das correlações fenotípicas e genéticas apresentaram de modo geral, comportamento coincidente (Tabela 4). Chama atenção a correlação fenotípica das alturas, nas duas épocas de avaliação, que foi de grande magnitude ($r_F = 0,9$). O mesmo ocorreu entre estimativas das correlações envolvendo as notas de porte atribuídas no florescimento e próximo à colheita.

As estimativas de correlação, envolvendo a produtividade de grãos com as alturas e as notas de porte, embora em alguns casos fossem significativas, foi de pequena magnitude. Indicando que o desempenho em produtividade de grãos das progênies independe do porte e da altura das plantas.

Para as estimativas da correlação fenotípica, envolvendo o diâmetro e as avaliações de porte, observa-se magnitude média. Em ambos os casos elas foram significativas e próximas a 60%.

Tabela 4 Estimativas das correlações fenotípica (acima da diagonal) e genética (abaixo da diagonal), duas a duas, para os caracteres altura no florescimento (Altura1), altura na colheita (Altura2), diâmetro do caule em cm (Diâmetro), massa de 100 grãos, nota de porte no florescimento (porte1), nota de porte na colheita (porte2) e produtividade de grãos em Kg/ha (Prod). Dados obtidos a partir das médias da análise de variância conjunta de progênies nas gerações $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras - MG, Lambari - MG e Patos de Minas - MG

	Altura1	Altura2	Diâmetro	Mgrão	Porte1	Porte2	Prod
Altura1	1	0,9**	-0,23	0,12	-0,51**	-0,47**	-0,28*
Altura2	0,93	1	0,03	0,16	-0,27*	-0,28*	-0,27*
Diâmetro	-0,31	0,00	1	0,27*	0,62**	0,57**	-0,16
Mgrão	0,15	0,24	0,37	1	0,17	0,13	-0,12
Porte1	-0,58	-0,32	0,73	0,23	1	0,93**	0,03
Porte2	-0,53	-0,32	0,68	0,18	0,97	1	0,03
Prod	-0,45	-0,45	-0,25	-0,26	0,04	0,03	1

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t.

5 DISCUSSÃO

Para alguns caracteres, avaliados nas diferentes gerações e locais, as estimativas da acurácia foram de pequena magnitude. Aparentemente, isso sugere que a precisão não foi alta (RESENDE; DUARTE, 2007). Contudo, deve-se ressaltar que a acurácia só é boa para avaliar a precisão experimental quando ocorre variação genética entre as progênies. Quando não ocorre, a estimativa do QM de progênies é de pequena magnitude em relação ao QM do erro e a estimativa do teste de F será pequena. Assim, como a acurácia é estimada por $r_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$ fica fácil visualizar que, se o valor do F é pequeno, a r_{gg} não irá refletir a influência do erro e, sim, a falta de variação genética entre as progênies. Tomando como exemplo o diâmetro do caule, em alguns ambientes a estimativa da acurácia foi inferior a 40%, entretanto, como comentado para esse caráter, a amplitude de variação foi de apenas 36% da média, ou seja, possivelmente variação genética pequena. Portanto, nessa situação é difícil inferir se a precisão experimental foi baixa ou não.

As duas testemunhas utilizadas são cultivares recomendadas para a região. A Majestoso possui grãos carioca e é bem adaptada à região, porém é de hábito III e bem decumbente (ABREU et al., 2007). Já, a Supremo é uma cultivar de feijão preto, bem ereta e com bom desempenho na região (COSTA et al., 2004). Esse comportamento, em termos de adaptação das duas testemunhas, pode ser visto quando se avaliou o contraste entre testemunhas (Tabela 1). Veja que ele só não foi significativo ($p > 0,05$) para a produtividade de grãos, para as alturas (Tabela 1) e para a massa de 100 grãos, comprovando que elas diferem nos caracteres associados à arquitetura das plantas, mas não na produtividade de grãos.

O grande desafio dos melhoristas é identificar as melhores linhagens para as safras futuras e inúmeros sistemas de manejo adotado pelos agricultores (GAUCH; ZOBEL, 1988). Como a interação progênes x ambientes foi significativa (Tabela 1), o comportamento das progênes não foi coincidente nos diferentes locais e safras para todos os caracteres (RAMALHO et al., 2012). Numa situação como essa, a melhor opção é considerar o desempenho médio das progênes no maior número de ambientes possíveis (LIMA et al., 2014). É inviável tentar identificar uma ou mais progênes para cada local ou safra, se essas condições ambientais certamente não prevalecerão no futuro, quando as progênes forem recomendadas. Assim, o desafio dos melhoristas é encontrar progênes que sejam mais adaptadas à maioria dos ambientes. Troyer (1996) comenta que o único modo de se selecionar para maior adaptação é por meio da condução dos experimentos no maior número de ambientes possíveis. Comenta ainda que, para se ter segurança na recomendação de híbridos simples de milho nos Estados Unidos, a média deve ser obtida com base em pelo menos 200 repetições. Nesse contexto, mesmo ocorrendo interação, a ênfase na escolha das melhores progênes deve ser direcionada ao desempenho médio nos vários ambientes. Por essa razão esse foi o procedimento utilizado nesta pesquisa.

Em um trabalho como esse é indispensável ocorrer variação genética entre as progênes para se atingir os objetivos propostos. Como a fonte de variação entre progênes foi significativa, para todos os caracteres (Tabela 1), essa é uma condição favorável para se atingir os objetivos do trabalho. A distribuição de frequência das médias das progênes, considerando todos os ambientes e todos os caracteres evidencia a existência de variação (Figuras 1 e 2). Contudo, como já salientado a amplitude de variação variou entre os caracteres. Foi menor para a massa de 100 grãos e maior para a altura no florescimento (Altura1).

As estimativas de herdabilidade para a seleção na média das progênes variou entre os caracteres, mas a menor estimativa foi de 59,2% para a massa de 100 grãos. As estimativas de h^2 obtidas em princípio são no sentido amplo. Contudo, a variância genética entre progênes (V_p), considerando apenas a ocorrência de V_A e V_D (SOUZA JÚNIOR, 1999). $V_p S_{0:2} = (V_A + 1/4V_D)$, $V_p S_{0:3} = (V_A + 1/16V_D)$, $V_p S_{0:4} = (V_A + 1/64V_D)$. Ou seja, a proporção da variância genética entre progênes, devido à dominância, é proporcionalmente pequena. Adicionalmente, a contribuição de V_d para a variância genética, entre plantas autógamas é também pequena (RAMALHO et al., 2012). Assim, a h^2 entre média de progênie pode ser considerada no sentido restrito.

A comparação das estimativas de h^2 existente na literatura não é fácil, pois depende da variabilidade entre progênes avaliadas, do número de repetições e ambientes e da precisão experimental. Na literatura há inúmeros relatos da estimativa de h^2 para a produtividade de grãos com a cultura do feijoeiro. Ramalho et al. (2012) apresentam uma compilação dos resultados da literatura. As estimativas variaram de 10,6 a 88%. A maioria das estimativas foi inferior à obtida neste trabalho. Utilizando progênes do oitavo ciclo desse mesmo programa de seleção recorrente, Pires et al. (2014) obtiveram estimativa de h^2 para a produtividade de grãos na média de progênes muito semelhante à obtida no presente trabalho, indicando que a seleção recorrente para a arquitetura da planta não afetou a variabilidade para a produtividade de grãos.

As estimativas de h^2 para a altura, diâmetro do caule e nota de porte, foram, na média dos ambientes, superiores a 70% (Tabela 3). As estimativas de h^2 disponíveis na literatura com relação a caracteres, associados ao porte das plantas, são em menor número. As estimativas obtidas variaram de 51,7% a 87% (ACQUAA; ADAMS; KELLY, 1989; MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009; MENEZES JUNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008; PIRES et al., 2014). Portanto, as h^2 obtidas no presente trabalho são superiores ou dentro da

amplitude de variação relatadas na literatura. Para a massa de 100 grãos, a h^2 foi de 59,3% (Tabela 3). Na literatura foram encontrados resultados variando de 13 a 29% (GUILHERME et al., 2014; KORNEGAY; WHITE; CRUZ, 1992), que foi bem inferior ao obtido neste trabalho. Em relação ao diâmetro do caule, a estimativa de h^2 foi de 70,2%. Para o mesmo caráter *Acquaah*, Adams e Kelly (1989) obtiveram h^2 igual a 31,1% e Moura et al. (2013) h^2 igual a 93,5%.

A interpretação da medida de associação entre dois caracteres só tem significado se os dois caracteres apresentarem variação. Esse fato ocorreu neste trabalho, como já mencionado. As estimativas das correlações, envolvendo a produtividade de grãos, tanto para as correlações genéticas como fenotípicas, foram na maioria dos casos negativas, porém de pequena magnitude. Resultados semelhantes são relatados na literatura (COLLICHIO; RAMALHO; ABREU, 1997; MOURA et al., 2013; SILVA; ABREU; RAMALHO, 2009). Esses resultados permitem inferir ser possível obter progênies com produtividade de grãos independente da altura e diâmetro do caule das plantas e da nota de porte.

O programa de seleção recorrente para a arquitetura de planta que originou as progênies utilizadas neste trabalho foi, nos três primeiros ciclos, realizado recombinando-se progênies $S_{0,3}$. A partir do CIV, como não houve associação alta entre produtividade e nota de porte, optou-se selecionar apenas para a nota de porte. Nesse caso, como o caráter tem h^2 maior, a seleção passou a ser fenotípica realizada na geração F_2 . Contudo, para que o processo seja eficiente, é necessário que a arquitetura da planta no florescimento, quando é realizada a recombinação, represente bem o que ocorre na colheita. Observe na Tabela 4 que as correlações entre as notas de porte nas duas idades foram muito alta e positiva. Assim, a estratégia adotada para a seleção recorrente fenotípica, tendo como foco o porte mais ereto expressado antes do florescimento das plantas na F_2 foi apropriada, pois as plantas de bom porte no florescimento continuaram manifestando esse fenótipo até o momento da colheita. As estimativas do ganho

com a seleção obtidas nesse trabalho (Tabela 3) e nos relatados por Pires et al. (2014) atestam essa observação.

Outro questionamento já realizado há algum tempo é se a massa dos grãos é associada com a nota de porte. Observa-se que plantas com folhas maiores apresentam grãos grandes. Essa associação é ontogenética, ou seja, os grãos se originam dos mesmos tecidos das folhas. Plantas de folhas grandes tendem a acamar mais do que as de folhas pequenas. Questionava-se se é possível selecionar para a arquitetura da planta sem restrição no tamanho dos grãos. Neste trabalho, as estimativas de correlações entre a massa de 100 grãos e porte das plantas foram todas de pequena magnitude (Tabela 4). Resultados semelhantes a esses foram relatados por Collichio, Ramalho e Abreu (1997). Depreende-se que, dentro de uma amplitude de variação na massa dos grãos não tão acentuada, como ocorre entre plantas desse programa de seleção recorrente, é possível selecionar plantas eretas com grãos dentro do padrão comercial.

Foi obtido um índice de seleção por meio do somatório de Z envolvendo os caracteres Altura1, Massa de 100 grãos, Diâmetro, Porte1 e Produtividade de grãos. Como as estimativas da correlação foi muito alta entre a nota de porte nas duas épocas de avaliação e o mesmo ocorreu com a altura nas duas épocas (Tabela 4), o índice de seleção foi obtido desconsiderando a nota de porte e a altura das plantas obtida na colheita. Na literatura, há disponíveis inúmeros índices de seleção que podem ser utilizados (BAKER et al., 1986; BERNARDO, 2010). Neste trabalho optou-se por utilizar o somatório das variáveis padronizadas. Esse índice tem sido empregado em várias situações com a cultura do feijoeiro na região (LIMA, et al., 2015; LIMA; RAMALHO; ABREU, 2012; MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009; MENEZES JUNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008). A estimativa do ganho obtido com o índice foi de 5,5% se forem selecionadas as seis melhores progênies entre as 62 avaliadas (Tabela 3). A resposta correlacionada com a seleção, nos caracteres envolvidos no índice,

foi sempre positiva, indicando que o índice utilizado foi uma boa estratégia em termos de seleção, ou seja, as progênies escolhidas associaram maior altura, nota de porte, diâmetro do caule, massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

O ideótipo do feijoeiro tem sido proposto já há algum tempo (ADAMS, 1973; ADAMS, 1982). Segundo Kelly (2001), há necessidade de modelos específicos em função do sistema de manejo e condições ambientais. No caso específico da cultura do feijoeiro no Brasil, o sistema de manejo é muito diversificado. Isto porque o cultivo dessa leguminosa é realizado ao mesmo tempo por agricultores familiares, com pouco ou nenhuma tecnologia, até os grandes empresários rurais que utilizam de todas as tecnologias disponíveis (RAMALHO; ABREU; GUILHERME, 2014). Nesse contexto, o ideótipo da planta do feijão, para atender a todos esses agricultores, fundamentado no que foi obtido neste trabalho, deve ter: Hábito de crescimento indeterminado tipo II e diâmetro do caule principal com pelo menos 1 cm para reduzir o acamamento das plantas; Caule central também vigoroso, mas com muitas ramificações laterais, como se fosse um arbusto (Figura 5). Os ramos devem ser distribuídos no caule de modo a possibilitar boa aeração e, assim, evitar a ocorrência de patógenos; A emissão de gavinha, após o florescimento, deve ser a maior possível para ocorrer maior produção de flores e vagens e maior duração do florescimento. Assim, como as plantas terão muitos ramos na parte superior, essa estrutura possibilitará, em sendo a colheita mecanizada, o mais fácil recolhimento das plantas que estão enleiradas, ou que serão cortadas pelo molinete, dependendo do tipo de colheita. A inserção das primeiras vagens deve ocorrer em uma altura suficiente para que elas não entrem em contato com o solo. Dentro do possível, as vagens também devem ter uma estrutura que reduza a germinação dos grãos nas vagens, ainda nas plantas, se a colheita coincidir com chuvas intermitentes.



Figura 5 Modelo do ideótipo da planta de feijoeiro proposto neste trabalho

6 CONCLUSÃO

A seleção recorrente fenotípica para o porte ereto das plantas pode ser realizada antes do florescimento, pois a fenotipagem do porte, pouco antes do florescimento, é altamente correlacionada com a obtida próximo à colheita.

O porte da planta e a produtividade de grãos são caracteres independentes em termos de expressão e, portanto a seleção de um deles não necessariamente irá afetar o desempenho do outro.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. BRSMG Majestoso: another common bean cultivar of carioca grain type for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 4, p. 403-405, Sept. 2007.
- ACQUAAH, G.; ADAMS, M. KELLY, W.; J. D. Broad-sense heritability estimates of several architectural traits in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, Michigan, v. 32, p. 75-76, 1989.
- ACQUAAH, G.; ADAMS, M. W.; KELLY, J. D. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 2, p. 261-264, Mar./Apr. 1991.
- ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Potentials of field beans and other food legumes in Latin America**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973. p. 226-278.
- ADAMS, M. W. Plant architecture and yield breeding. **Iowa State Journal of Research**, Ames, v. 56, n. 3, p. 225-254, 1982.
- AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JUNIOR, O. G. M. Controle genético do staygreen no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 155-167, mar./abr. 2000.
- ANDERSEN, A. L.; DOWN, E. E.; WHITFORD, G. The Sanilac pea bean - Its history, development, and characteristics. **Quarterly Bulletin Michigan State Agricultural Experimental Station**, East Lansing, v. 43, n. 2, p. 2-24, 1960.
- ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. 786 p.
- BAKER, R. et al. **Selection indices in plant breeding**. New York: CRC Press, 1986. 218 p.
- 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.

BEATTIE, A. D. et al. Mapping quantitative trait loci for a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ideotype. **Genome**, Ottawa, v. 46, n. 3, p. 411–422, June 2003.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2. ed. Woodbury: Stemma, 2010. 400 p.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 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.

CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora da UFV, 2015. 384 p.

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, n. 3, p. 297-304, mar. 1997.

COSTA, J. G. C. da et al. BRS Supremo: cultivar de grão preto de feijoeiro comum de porte ereto indicada para as regiões Sul e Centro-Oeste. **Comunicado Técnico**, Santo Antônio de Goiás, n. 87, p. 1-2, 2004.

COYNE, D. P. Modification of plant architecture and crop yield by breeding. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 3, p. 244-247, 1980.

CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Selection aiming at upright growth habit common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 4, p. 379-386, Oct. 2005.

FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de; RAMALHO, M. A. P. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 300p.

FERREIRA, M. C. et al. Avaliação de progênies de um programa de seleção recorrente para feijoeiro de porte ereto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari, ES. **Anais...** Vitória: Incaper, 2009.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection Methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. **Genetic Resources of *Phaseolus* beans**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 503-541.

FRAZIER, W. A.; BAGGETT, L. R.; SISTRUNK, W. A. Transfer of certain blue lake pole bean pod characters to bush beans. **Journal of the American Society for the Horticultural Science**, Alexandria, v. 71, p. 16-421, 1958.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield traits. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v. 76, p. 1-10, 1988.

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

GUILHERME, S. R. et al. Genetic control of inflorescence in common bean. **Genetics and molecular research**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 4, p. 10349-10358, Dec. 2014.

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

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 2010. 468 p.

IZQUIERDO, J. A.; HOSFIELD, G. L. The relationship of seed filling to yield among dry beans with differing architectural forms. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, p. 106-111, 1983.

JENNINGS, P. R. Plant type as a rice breeding objective. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 13-15, Jan. 1964.

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

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. QTL conferring resistance and avoidance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 2, p. 539-548, 2003.

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, Aug. 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, Sept./Oct. 1979.

KWAK, M. et al. Multiple origins of the determinate growth habit in domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Annals of Botany**, Oxford, v.110, n. 8, p. 1573-80, Dec. 2012.

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 botánicos de los cultivos tropicales**. San Jose: IICA, 1968. 487 p.

LIMA, D. C. et al. Breeding common bean populations for traits using selection index. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 2, p. 132-137, Feb. 2015.

LIMA, L. K. de et al. Implications of predictable and unpredictable environmental factors in common bean VCU trials in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 14, n. 3, p. 146-153, Oct. 2014.

LIMA, L. K.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Implications of the progeny \times environment interaction in selection index involving characteristics of the common bean. **Genetic and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 4093-4099, Nov. 2012.

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.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de 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.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 833-838, 2008.

MOURA, M. M. et al. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 417-425, abr. 2013.

MYERS JÚNIOR; BAGGETT, J. Improvement of snap beans: In: SINGH, S. P. (Ed.). **Common bean improvement for the 21st century**. Kluwer: Springer, 1999. p. 289-329.

NIENHUS, J.; SINGH, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components and architectural traits in dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 21-27, Jan./Feb. 1986.

PIRES, L. P. M. et al. Recurrent mass selection for upright plant architecture in common bean. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, n. 3, p. 240-243, May/June 2014.

POSADAS, L. G. et al. Elite performance for grain yield from unadapted exotic soybean germplasm in three cycles of a recurrent selection experiment. **Crop Science**, Madison. v. 54, n. 6, p. 2536-2546, Sept. 2014.

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

RAMALHO, M. A. P. et al. BRSMG Majestoso: another common bean cultivar of carioca grain type for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 4, p. 403-405, Sept. 2007.

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

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, n. 1-2, p. 23-29, July 2005.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GUILHERME, S. R. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira: 2015-2017: volume 1**. Lavras: FUNDECC, 2014. 168 p.

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

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2006. p. 41-86.

SANTOS, J. B.; VENCOSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, set. 1986.

SILVA, C. A.; 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**, v. 42, n. 10, p. 1437-1442, out. 2007.

SILVA, V. M. et al. Genetic improvement of plant architecture in the common bean. **Genetics and molecular research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 12, p. 3093-3102, Jan. 2013b.

SILVA, V. M. P. et al. Genetic potential of common beanparents for plant architecture improvement. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 3, p. 167-175, Fev. 2013a.

SINGH, S. P. Bean genetics. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.
SOUZA JÚNIOR, C. L. Recurrent selection and heterosis. In: COORS, J. G.; PANDEY, S. (Ed.). **The genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1999. p. 247-255.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill, 1997. 666 p.

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.

TARDIEU F.; HAMMER G. Designing crops for new challenges. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 42, p. 1-2, Oct. 2012.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). **Genetics and Molecular Biology**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 577-582, Dec. 1999.

TROYER, A. F. Breeding widely adapted, popular maize hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 92, n. 1-2, p. 163-174, 1996.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Tabelas auxiliares

Tabela 1A. Resumo da análise de variância para a altura no florescimento (Altura1). Dados obtidos nas avaliações das progêneses $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	Blocos	Trat			
Lavras - $S_{0:2}$	134,21	504,59	98,90	5,10**	89,67
Lavras - $S_{0:3}$	88,76	463,43	79,58	5,82**	91,01
Lavras - $S_{0:4}$	105,02	47,95	29,43	1,63*	62,15
Lambari - $S_{0:2}$	763,82	1257,66	517,94	2,43**	76,69
Lambari - $S_{0:3}$	242,04	758,87	240,25	3,16**	82,67
Lambari - $S_{0:4}$	257,75	130,62	84,83	1,54*	59,21
Patos de Minas - $S_{0:2}$	82,63	433,09	76,02	5,70**	90,80
Patos de Minas - $S_{0:3}$	122,19	764,74	98,97	7,73**	93,30

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância para a altura na colheita (Altura2). Dados obtidos nas avaliações das progêneses $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	Blocos	Trat			
Lavras - $S_{0:2}$	201,67	439,84	126,28	3,48**	84,43
Lavras - $S_{0:3}$	97,67	495,31	126,57	3,91**	86,28
Lavras - $S_{0:4}$	44,54	88,08	38,47	2,29**	75,05
Lambari - $S_{0:2}$	316,60	655,82	188,64	3,48**	84,40
Lambari - $S_{0:3}$	202,74	623,51	202,56	3,08**	82,17
Lambari - $S_{0:4}$	282,93	114,99	89,45	1,29 ^{NS}	47,13
Patos de Minas - $S_{0:2}$	138,23	354,02	109,46	3,23**	83,12
Patos de Minas - $S_{0:3}$	139,04	660,61	168,73	3,92**	86,29

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3A. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule. Dados obtidos nas avaliações das progênies $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	Blocos	Trat			
Lavras - $S_{0:2}$	1,57	1,43	1,50	0,95 ^{NS}	0,00
Lavras - $S_{0:3}$	0,43	0,83	0,44	1,91 ^{**}	69,12
Lavras - $S_{0:4}$	0,62	1,61	1,00	1,61 [*]	61,41
Lambari - $S_{0:2}$	4,90	4,95	4,23	1,17 ^{NS}	38,04
Lambari - $S_{0:3}$	1,30	1,74	0,93	1,89 ^{**}	68,53
Lambari - $S_{0:4}$	2,08	2,09	1,07	1,94 ^{**}	69,67
Patos de Minas - $S_{0:2}$	0,69	0,74	0,66	1,12 ^{NS}	33,02
Patos de Minas - $S_{0:3}$	0,57	1,23	0,58	2,13 ^{**}	72,87

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4A. Resumo da análise de variância para o peso de grãos (Pgrão). Dados obtidos nas avaliações das progênies $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	Blocos	Trat			
Lavras - $S_{0:2}$	14,11	53,10	17,84	2,98 ^{**}	81,49
Lavras - $S_{0:3}$	7,60	32,88	10,74	3,06 ^{**}	82,07
Lavras - $S_{0:4}$	8,12	24,83	11,59	2,14 ^{**}	73,04
Lambari - $S_{0:2}$	11,67	29,33	8,23	3,56 ^{**}	84,81
Lambari - $S_{0:3}$	4,89	10,78	3,55	3,03 ^{**}	81,86
Lambari - $S_{0:4}$	198,04	185,63	187,33	0,99 ^{NS}	0,00
Patos de Minas - $S_{0:2}$	34,50	34,82	25,36	1,37 ^{NS}	52,12
Patos de Minas - $S_{0:3}$	4,06	9,17	4,85	1,89 ^{**}	68,68

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5A. Resumo da análise de variância para o porte no florescimento (Porte1). Dados obtidos nas avaliações das progênies S_{0:2}, S_{0:3} e S_{0:4} em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	blocos	trat			
Lavras - S _{0:2}	1,05	2,04	0,61	3,33**	83,65
Lavras - S _{0:3}	0,37	3,08	0,37	8,38**	93,84
Lavras - S _{0:4}	1,21	2,53	0,48	5,27**	90,02
Lambari - S _{0:2}	1,68	5,17	0,70	7,39**	92,99
Lambari - S _{0:3}	1,64	4,76	0,81	5,89**	91,11
Lambari - S _{0:4}	12,54	3,85	1,93	2,00**	70,66
Patos de Minas - S _{0:2}	1,55	4,78	0,77	6,19**	91,57
Patos de Minas - S _{0:3}	0,47	2,85	0,34	8,37**	93,84

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6A. Resumo da análise de variância para o porte na colheita (Porte2). Dados obtidos nas avaliações das progênies S_{0:2}, S_{0:3} e S_{0:4} em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	Blocos	Trat			
Lavras - S _{0:2}	0,67	1,80	0,61	2,98**	81,51
Lavras - S _{0:3}	0,96	3,31	0,58	5,72**	90,84
Lavras - S _{0:4}	1,64	2,70	0,72	3,74**	85,59
Lambari - S _{0:2}	2,05	6,57	1,07	6,15**	91,51
Lambari - S _{0:3}	1,01	3,41	0,89	3,85**	86,03
Lambari - S _{0:4}	7,61	4,09	1,93	2,12**	72,67
Patos de Minas - S _{0:2}	3,69	6,64	2,01	3,30**	83,49
Patos de Minas - S _{0:3}	2,73	6,07	1,21	5,00**	89,45

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7A. Resumo da análise de variância para a produtividade (Kg/ha).
 Dados obtidos nas avaliações das progênies S_{0:2}, S_{0:3} e S_{0:4} em
 Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambientes	QM		Erro	F calc	rgg'
	Blocos	Trat			
Lavras - S _{0:2}	835941,38	478049,30	520415,71	0,92 ^{NS}	0,00
Lavras - S _{0:3}	439619,32	242342,50	112208,60	2,16 ^{**}	73,28
Lavras - S _{0:4}	513816,06	473353,59	232070,37	2,04 ^{**}	71,40
Lambari - S _{0:2}	620141,99	513474,57	283489,00	1,81 ^{**}	66,93
Lambari - S _{0:3}	716869,42	365130,01	252306,17	1,45 [*]	55,59
Lambari - S _{0:4}	10089,00	181776,49	149186,00	1,22 ^{NS}	42,34
Patos de Minas - S _{0:2}	176270,62	300676,05	200305,42	1,50 [*]	57,78
Patos de Minas - S _{0:3}	397288,10	582484,59	169159,49	3,44 ^{**}	84,24

** * : Significativo, respectivamente, a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8A. Estimativas de herdabilidade para as características altura no florescimento (Altura1), altura na colheita (Atura2), diâmetro do caule (Diâmetro), peso de 100 grãos (Pgrão), porte no florescimento (Porte1), porte na colheita (Porte2) e produtividade em Kg/ha (Prod). Dados obtidos nas avaliações das progênies S_{0:2}, S_{0:3} e S_{0:4} em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

Ambiente	Altura1	Altura2	Diâmetro	Pgrão	Porte1	Porte2	Prod
Lavras - S _{0:2}	0,80 (0,70 -0,88) ¹	0,71 (0,56-0,82)	-	0,66 (0,49-0,78)	0,70 (0,54-0,81)	0,66 (0,49-0,79)	-
Lavras - S _{0:3}	0,83 (0,74-0,89)	0,74 (0,61-0,84)	0,48 (0,2-0,67)	0,67 (0,5-0,8)	0,88 (0,82-0,92)	0,83 (0,48-0,79)	0,54 (0,7-0,29)
Lavras - S _{0:4}	0,39 (0,05-0,61)	0,56 (0,33-0,72)	0,38 (0,04-0,61)	0,53 (0,28-0,7)	0,81 (0,7-0,88)	0,73 (0,59-0,83)	0,51 (0,25-0,69)
Lambari - S _{0:2}	0,59 (0,37-0,74)	0,71 (0,56-0,82)	0,14 (-0,32-0,46)	0,72 (0,57-0,82)	0,86 (0,79-0,91)	0,84 (0,75-0,9)	0,45 (0,15-0,65)
Lambari - S _{0:3}	0,68 (0,51-0,8)	0,68 (0,50-0,79)	0,47 (0,18-0,66)	0,67 (0,5-0,8)	0,83 (0,74-0,89)	0,74 (0,6-0,83)	0,31 (-0,06-0,56)
Lambari - S _{0:4}	0,35 (0,00-0,59)	0,22 (-0,2-0,51)	0,49 (0,21-0,67)	-	0,50 (0,23-0,68)	0,53 (0,27-0,7)	0,18 (-0,26-0,48)
Patos de Minas - S _{0:2}	0,82 (0,73-0,89)	0,69 (0,52-0,8)	0,11 (-0,37-0,44)	0,27 (-0,12-0,54)	0,84 (0,75-0,9)	0,70 (0,53-0,8)	0,33 (-0,02-0,59)
Patos de Minas - S _{0:3}	0,87 (0,8-0,92)	0,74 (0,61-0,84)	0,53 (0,28-0,7)	0,47 (0,18-0,66)	0,88 (0,81-0,92)	0,80 (0,69-0,87)	0,71 (0,55-0,82)

¹ Intervalo de confiança da h^2 , utilizando a expressão de Knapp, Stroup e Ross (1985) ao nível de 5%.

Tabela 9A. Resumo da análise de variância para os valores padronizados. Dados obtidos a partir da soma das médias padronizadas para os caracteres altura no florescimento, diâmetro do caule, peso de 100 grãos, porte no florescimento e produtividade, para as progênes $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$, avaliadas em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

FV	GL	QM
Ambiente	7	0
Progênie	61	17.075188**
Erro	427	4.335105

** : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 10A. Estimativas dos ganhos correlacionados com a seleção para os caracteres avaliados: altura no florescimento (Altura1), altura na colheita (Altura2), diâmetro do caule (Diâmetro), peso de 100 grãos, porte no florescimento (Porte1), porte na colheita (Porte2) e produtividade em Kg/ha (Prod). Dados obtidos a partir das médias da análise de variância conjunta de progênes nas gerações $S_{0:2}$, $S_{0:3}$ e $S_{0:4}$ avaliadas em Lavras-MG, Lambari-MG e Patos de Minas-MG.

	Altura1	Altura2	Diâmetro	Pgrão	Porte1	Porte2	Prod
Altura1	-	16.72	-0.26	0.50	-1.10	-1.15	-150.53
Altura2		-	0.00	0.77	-0.59	-0.68	-146.44
Diâmetro			-	1.01	1.14	1.21	-68.78
Pgrão				-	0.30	0.27	-60.35
Porte1					-	2.23	14.15
Porte2						-	10.70
Prod							-