



LUCAS REZENDE PINHEIRO

**CORRELAÇÕES ENTRE OS CARACTERES
ESTRUTURAIS DETERMINANTES DOS
HÁBITOS DE CRESCIMENTO DAS
CULTIVARES DE FEIJÃO**

**LAVRAS – MG
2015**

LUCAS REZENDE PINHEIRO

**CORRELAÇÕES ENTRE OS CARACTERES ESTRUTURAIS
DETERMINANTES DOS HÁBITOS DE CRESCIMENTO DAS
CULTIVARES DE FEIJÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. João Bosco dos Santos

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).**

Pinheiro, Lucas Rezende.

Correlações entre os caracteres estruturais determinantes dos
hábitos de crescimento das cultivares de feijão / Lucas Rezende
Pinheiro. – Lavras : UFLA, 2015.

151 p.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador(a): João Bosco dos Santos.

Bibliografia.

1. Feijoeiro. 2. Hábito de crescimento. 3. Correlações. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

LUCAS REZENDE PINHEIRO

**CORRELAÇÃO ENTRE OS CARACTERES ESTRUTURAIS
DETERMINANTES DOS HÁBITOS DE CRESCIMENTO DAS
CULTIVARES DE FEIJÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 6 de novembro de 2014.

Dra. Rosy Mary dos Santos Isaias UFMG

Dr. Adriano Teodoro Bruzi UFLA

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu UFLA

Dr. Evaristo Mauro de Castro UFLA

Dr. João Bosco dos Santos

Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas por todas as oportunidades concedidas para a realização deste Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. João Bosco dos Santos pela orientação, profissionalismo e paciência.

À Pesquisadora Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu pelas valiosas contribuições.

Ao Professor Dr. Evaristo Mauro de Castro pela contribuição na Anatomia.

À Professora Dra. Rosy Mary dos Santos Isaias, da UFMG, pelo acolhimento e contribuições na Anatomia.

Aos Professores do Departamento, pela valiosa contribuição nos ensinamentos durante o curso.

Ao Técnico do Laboratório de Genética Molecular Lamartine pelo incentivo e apoio.

Às Secretarias do departamento.

Aos meus colegas do laboratório, pela ajuda durante os experimentos.

Aos meus pais, Fátima e Nelson, aos meus irmãos Luciana e Leandro, aos meus avós maternos Telma e Totonho (*in memorian*), e aos meus avós paternos Nelson e Nilza (*in memorian*) e a toda minha família de forma geral.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta etapa de minha vida.

RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho avaliar correlações entre os caracteres estruturais determinantes dos hábitos de crescimento das cultivares de feijão. Os experimentos foram realizados em 6 safras nos anos de 2012 e 2013, em blocos casualizados, com três repetições. Os ensaios foram compostos por 20 genótipos pertencentes aos quatro diferentes tipos de hábito de crescimento. Foram obtidos dados de treze caracteres morfológicos em todas as safras e de 20 caracteres anatômicos na safra da seca de 2013. Os caracteres que melhor separaram os genótipos quanto aos seus hábitos de crescimento pelo agrupamento de Scott e Knott foram nota de porte, comprimento da haste principal, número de nós da haste principal, diâmetro do caule e massa de 100 grãos. Cada tipo de hábito de crescimento formou um grupo distinto para médias dos caracteres comprimento da haste principal e massa de 100 grãos. O efeito de ano só não foi significativo para o comprimento da haste principal e número de grãos por vagem. O efeito de safra também foi significativo para quase a totalidade dos caracteres avaliados, exceto para a nota de porte e a altura de inserção da primeira vagem. A interação entre tratamentos e safra foi significativa para os caracteres 50% de plantas com flor, comprimento da haste principal, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. Nenhum caráter apresentou interação entre tratamentos e ano significativa. A interação entre ano e safra só não foi significativa para a nota de porte, número de vagens e o diâmetro do caule. As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental foram calculadas separadamente. Em uma se utilizou informações das duas safras das águas e na outra se utilizou informações das quatro safras (duas da seca e duas de inverno). Também foram obtidas estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre ambientes (safras). Os caracteres mais importantes para o hábito de crescimento nas safras das águas foram o comprimento da haste principal, o número de nós da haste principal, o comprimento médio dos internódios e o diâmetro do caule, assim quanto maior a nota (melhor porte) menor a altura da planta, o número de nós na haste principal, o comprimento médio dos internódios e maior o diâmetro do caule. Os caracteres mais importantes para o hábito de crescimento nas safras da seca/inverno foram o comprimento da haste central e o diâmetro do caule. As diferenças nos caracteres anatômicos não foram capazes de separar os genótipos de acordo com seus tipos de hábito de crescimento. Somente para as médias dos caracteres comprimento da nervura da folha, espessura total da folha e largura do xilema do pecíolo os tipos de hábito foram separados em 4 grupos, sendo que o tipo de hábito I apresentou menor ELF e o tipo IV maior. A nota de porte é altamente correlacionada com o diâmetro total e do câmbio do caule. No geral os caracteres anatômicos não se correlacionaram com os diferentes hábitos de crescimento.

Palavras-chave: Correlação genética. *Phaseolus vulgaris*. Anatomia.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate cultivars with different growth habits, in the main planting seasons in southern Minas Gerais, in order to identify changes in the main morphological and agronomic characters in relation to the classification used to measure the correlation between morphological and agronomic traits related to growth habit of the bean and to evaluate the anatomical differences and their association with morpho-agronomic traits. The experiments were performed in six seasons in the years 2012 and 2013 in a randomized block design with three replications. Assays were composed of 20 different genotypes of the four types of growth habit. Data from 13 morphological characters in all seasons and 20 anatomical characters in the dry season of 2013 were obtained. The characters that best separated the genotypes according to their growth habits were growth grade, length of main stem, number of nodes on the main stem, stem diameter and weight of 100 grains. The year effect was not significant only for the length of the main and number of grains per pod rod. The effect of season was also significant for almost all traits, except for habit grade and height of the first pod. The interaction between genotypes and seasons was significant for the characters 50% of flowering plants, length of main stem, number of pods, number of seeds per pod and weight of 100 grains. No character showed significant interaction between genotypes and year. The interaction between year and seasons was not significant only for growth habit, number of pods and stem diameter. Most important characters to the growth habit for the water seasons were the length of the main stem, number of nodes on the main stem, the average internode length and stem diameter, so the higher the rating (best size) less plant height, number of nodes on the main stem, the average length of internodes and larger stem diameter. Most important characters to the growth habit for the seasons dry/winter were the length of the central stem and stem diameter. In the water seasons, there is a greater proportional influence of genetic effects on the expression of the characters. The differences in anatomical characters were not able to separate the genotypes according to their types of growth habit. Only for the average length string of the rib of the sheet, the total thickness of the sheet width and the xylem of the stem usual types were divided into 4 groups, one for each type of growth habit, with the usual type I showed lower ELF and greater type IV. The pool by the Mahalanobis distances not formed groups according to growth habit. The note size is highly correlated with the overall diameter and the exchange of the stem. Overall anatomical characters were not correlated with different growth habits.

Keywords: Genetic Correlation. *Phaseolus vulgaris*. Anatomy.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- Figura 1 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas considerando todos caracteres75
- Figura 2 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 2 safras das águas considerando todos caracteres.....76
- Figura 3 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas para o caráter comprimento da haste principal78
- Figura 4 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas para o caráter notas de porte79
- Figura 5 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas para o caráter diâmetro do caule80

ARTIGO 3

- Figura 1 Fotomicrografias do corte transversal do caule de feijoeiro. A: Cultivar BRS Cometa. B: Cultivar BRS Valente. C: Cultivar BRS Cometa. D: VR-16. E: BRS Estilo. ep: epiderme, tc: tricoma, cl: colênquima, ba: bainha amilífera, pc: parênquima cortical, fl: floema, xi: xilema, pi: parênquima interfascicular, pm: parênquima medular.....132
- Figura 2 Fotomicrografias do corte transversal da folha do feijoeiro. A: Cultivar Perola. B: BRS Estilo. C: Cultivar Jalo EEP 558. D e E: Cultivar Rio Tibagi. F: Cultivar Perola. ep: epiderme, pp: parênquima paliçádico, pl: parênquima lacunoso, pf: parênquima fasciculado, xi: xilema, fl: floema, es: estômato.....134
- Figura 3 Fotomicrografias do corte transversal do pecíolo do feijoeiro. A: Cultivar Carioca. B: Linhagem RP-1. ep: epiderme, cl: colênquima, ba: bainha amilífera, pc: parênquima cortical, fl: floema, xi: xilema, pi: parênquima interfascicular.....137
- Figura 4 Dendrograma das distâncias de Mahalanobis, para os caracteres anatômicos, entre os 20 genótipos pertencentes aos 4 tipos de hábito de crescimento do feijoeiro140

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1	Nome das cultivares/linhagens, descrição quanto ao tipo de hábito de crescimento, grupo comercial e procedência de 20 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Lavras.....	52
Tabela 2	Resumo das análises de variância individuais e Coeficientes de Variação (CV) dos 13 caracteres avaliados nas safras Secas, Inverno e Águas nos anos de 2012 e 2013.....	56
Tabela 3	Resumo das análises de variância conjunta e Coeficientes de Variação (CV) dos 13 caracteres avaliados nas safras Secas, Inverno e Águas nos anos de 2012 e 2013.....	58
Tabela 4	Interação Tratamentos X Safra (QM) da combinação entre as 6 safras avaliadas para os caracteres vegetativos.....	61
Tabela 5	Interação Tratamento X Safra (QM) da combinação entre as 6 safras avaliadas para os caracteres reprodutivos.....	62
Tabela 6	Médias (desvio padrão) e agrupamento Scott Knott para os caracteres vegetativos avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias obtidas das duas safras das águas em 2012 e 2013.....	64
Tabela 7	Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres reprodutivos avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias obtidas das duas safras das águas em 2012 e 2013.....	68
Tabela 8	Valores médios, para características de cultivares de feijão relatados na literatura.....	70
Tabela 9	Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias agrupadas por tipo de hábito de crescimento obtidas das duas safras das águas em 2012 e 2013... ..	71
Tabela 10	Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias agrupadas por tipo de hábito de crescimento obtidas das seis safras avaliadas nos anos de 2012 e 2013.....	73

ARTIGO 2

Tabela 1	Nome das cultivares/linhagens, descrição quanto ao hábito de crescimento, grupo comercial e procedência de 20 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Lavras.....	94
Tabela 2	Correlações fenotípicas entre safras para cada caráter vegetativo	98
Tabela 3	Correlações fenotípicas entre safras para cada caráter reprodutivo.....	99
Tabela 4	Correlações genéticas e seus respectivos erros padrões entre 13 caracteres avaliados em 20 genótipos pertencentes aos diferentes tipos de hábito de crescimento. Acima da diagonal para as safras das águas 2012/2013 e abaixo para as safras de inverno e seca 2012/2013	101
Tabela 5	Correlações fenotípicas e seus respectivos erros padrões entre 13 caracteres avaliados em 20 genótipos pertencentes aos diferentes tipos de hábito de crescimento. Acima da diagonal para as safras das águas 2012/2013 e abaixo para as safras de inverno e seca 2012/2013	102
Tabela 6	Correlações ambientais entre 13 caracteres avaliados em 20 genótipos pertencentes aos diferentes tipos de hábito de crescimento. Acima da diagonal para as safras das águas 2012/2013 e abaixo para as safras de inverno e seca 2012/2013	103

ARTIGO 3

Tabela 1	Nome das cultivares/linhagens, descrição quanto ao tipo de hábito de crescimento, grupo comercial e procedência de 20 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Lavras.....	124
Tabela 2	Resumo das análises de variância individuais e coeficientes de variação (CV) dos 13 caracteres morfoagronômicos avaliados na safra da seca de 2013	129
Tabela 3	Resumo das análises de variância individuais e Coeficientes de Variação (CV) dos 20 caracteres anatômicos avaliados na safra da seca de 2013	130
Tabela 4	Médias, desvio padrão e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias agrupadas por tipo de hábito de crescimento	138

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1	INTRODUÇÃO GERAL	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Caracteres morfológicos e o hábito de crescimento do feijoeiro	14
2.2	O hábito de crescimento e suas implicações na cultura do feijoeiro	19
2.3	Efeitos do ambiente sobre os caracteres morfológicos	21
2.4	Correlações entre os caracteres relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro	25
2.5	Anatomia do feijoeiro	28
2.6	Cultivares e linhagens utilizadas na presente pesquisa	31
	REFERÊNCIAS	38
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	46
	ARTIGO 1 Caracteres morfoagronômicos relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro no sul de Minas Gerais	46
	ARTIGO 2 Correlações entre caracteres relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro no sul de Minas Gerais	89
	ARTIGO 3 Relações entre caracteres morfoagronômicos e histométricos de cultivares de feijão	118

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

Phaseolus vulgaris L. é a espécie mais conhecida e estudada do gênero *Phaseolus*. De origem americana, o cultivo do feijão foi introduzido na Europa no século XVI por espanhóis e portugueses, sendo posteriormente disseminado para regiões distintas do planeta. Desde então, o feijão tem sido amplamente cultivado em regiões temperadas, subtropicais e tropicais, contribuindo significativamente para a geração de renda, riquezas e nutrição humana.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é morfológicamente diverso e há variação em muitas de suas características, como o hábito de crescimento, fenologia, pigmentação da vagem e pigmentação de grãos (CAMPOS et al., 2011).

Conforme o hábito de crescimento, relevantes para aceitação de uma cultivar, o feijão é classificado de acordo com o número de nós, grau e o tipo de ramificação, comprimento dos internódios, capacidade trepadora e ao hábito de florescimento de natureza determinada ou indeterminada (DEBOUCK; HIDALGO, 1985). Os hábitos de crescimento podem ser classificados em quatro grupos: hábito determinado arbustivo (Tipo I), hábito indeterminado arbustivo (Tipo II), hábito indeterminado prostrado (Tipo III) e hábito indeterminado trepador (Tipo IV) (NASSAR; AHMED; BOGHDADY, 2010a). Essa classificação, realizada em diferentes ambientes da Colômbia, é utilizada em todo Brasil. Como, usualmente, há interação de genótipos e ambientes há possibilidade de alteração da classificação ou dos valores fenológicos utilizados na classificação (DEBOUCK, 1991).

Em pesquisas realizadas no Sul do Brasil, Vilhordo et al. (1980) propuseram classificação semelhante, baseando-se, principalmente, no tipo de

orientação das ramificações, como: hábito determinado arbustivo, com ramificação ereta, fechada (Tipo I), hábito indeterminado, com ramificação ereta, fechada (Tipo II), hábito indeterminado com ramificação aberta (Tipo III) e hábito indeterminado prostrado ou trepador (Tipo IV). Muitas formas intermediárias de hábito existem na decorrência de variações no crescimento dos ramos laterais, no número de nós da haste principal, na capacidade de escalada e no comprimento de internódios, sendo este último caráter responsável por maior parte dessa variação (TEIXEIRA; RAMALHO; ABREU, 1999).

Neste contexto, o conhecimento de caracteres morfológicos e botânicos auxilia na seleção de genótipos, pois o número de nós, a altura da planta, o número de ramificações, dentre outros aspectos, relacionam-se ao manejo da cultura, à produtividade e à resistência a patologias.

Em programas de melhoramento o conhecimento da correlação genética entre caracteres é de grande importância, principalmente quando o objetivo é a seleção simultânea de caracteres. Quando a seleção é aplicada sobre um caráter de alta herdabilidade, o qual apresenta uma alta correlação com outro caráter de interesse, pode-se obter ganhos maiores em relação à seleção direta (MARCHIORO et al., 2003). Assim, o conhecimento da correlação entre os caracteres que compõem o hábito de crescimento do feijoeiro é de grande importância, pois alguns caracteres são de difícil avaliação. Portanto, a identificação de algum caráter altamente correlacionado ao hábito de crescimento e de fácil avaliação é muito desejável.

Inicialmente as morfologias externa e interna para *Phaseolus vulgaris* foram descritas para algumas cultivares (KNECHT; O'LEARRY, 1972; SILVA, 1979). No entanto, poucos estudos foram realizados posteriormente, nesse âmbito. Os trabalhos de anatomia são importantes em função da caracterização interna do vegetal e servem de subsídio para inúmeros campos das ciências agrárias como a produção vegetal, fisiologia, ecologia e também

para o melhoramento genético (SILVA; ALQUINI; CAVALLET, 2005). No caso do feijoeiro, os trabalhos de anatomia se concentram nas décadas de 70 e 90, os quais, em sua quase totalidade, objetivaram descrever a anatomia foliar. Poucos trabalhos foram realizados, posteriormente, embora em todos os anos sejam lançadas inúmeras cultivares de feijão pelos programas de melhoramento genético. Assim é importante avaliar se os diferentes hábitos de crescimento também apresentam diferenças em nível anatômico.

Considerando-se o exposto, objetivou-se avaliar a correlação entre os caracteres estruturais determinantes dos hábitos de crescimento das cultivares do feijão nas principais épocas de plantio no sul de Minas Gerais, com a finalidade de identificar modificações nos principais caracteres morfoagronômicos em relação à classificação utilizada, de mensurar a correlação entre os caracteres morfoagronômicos componentes do hábito de crescimento do feijoeiro e de avaliar as diferenças anatômicas das cultivares e sua associação com os caracteres morfoagronômicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracteres morfológicos e o hábito de crescimento do feijoeiro

O porte do feijoeiro é influenciado por seu hábito de crescimento e está diretamente associado ao desenvolvimento (CICHY; SNAPP; BLAIR, 2009). Conforme Santos e Gavilanes (2006) dentre as características que determinam o porte estão incluídas a altura da planta, o hábito de florescimento, o comprimento da haste principal, o número e o comprimento dos internódios na haste principal, o número e o ângulo de ramificações que se iniciam na haste principal, a distribuição das vagens na planta, o tamanho dos grãos, o diâmetro do hipocótilo, o *stay green* e o hábito de crescimento.

A ação gênica em cada uma dessas características ainda não está bem compreendida e, além disso, em vários casos, essas características parecem ser fortemente influenciadas pelo ambiente. Para um único gene (*fin*) o alelo dominante é responsável pelo hábito de florescimento indeterminado e o alelo recessivo responsável pelo hábito determinado (KOINANGE; SINGH; GEPTIS, 1996). Outro gene (*ton*) está relacionado à presença de guia em cultivares de hábito tipo IV, para o qual o alelo de dominância condiciona a sua formação (KRETCHMER; LAING; WALLACE, 1979). O controle genético do comprimento dos internódios parece ser de efeito aditivo, assim como os diversos graus de capacidade de escalada, sendo a expressão destes controlada pela qualidade da luz e pelo fotoperíodo (DAWO; SANDERS; PILBEAM, 2007).

O crescimento total da planta é consequência da integração da multiplicação e crescimento celular com a diferenciação celular. Nesse contexto, o crescimento celular proporciona o aumento irreversível do tamanho da planta, o qual pode ser avaliado pelo número de folhas, número de nós, altura da planta

ou matéria seca da planta. A diferenciação celular, por sua vez, pode ser compreendida pelas mudanças irreversíveis na forma e na função da célula (ALBERTS et al., 2007).

O desenvolvimento da planta acontece desde o começo ao fim de seu ciclo de vida, envolvendo as fases de germinação, desenvolvimento vegetativo, surgimento de botões florais, antese, iniciação do crescimento das vagens, enchimento de grãos, maturação e senescência das folhas. O tempo de ocorrência desses eventos e a intensidade do crescimento de diferentes partes das plantas determinam as características agronômicas de uma cultivar, tendo-se em vista que o porte, a altura, o tamanho, o tempo de maturação e o hábito de crescimento são afetados pela correlação entre crescimento e desenvolvimento (ALBERTS et al., 2007).

A planta de feijão é constituída por uma haste principal da qual partem ramos laterais, os quais emergem das axilas das folhas. Existem ramos primários que se originam diretamente da haste principal, secundários que se originam dos primários, e assim por diante, dependendo da morfologia da planta e em função do seu tipo de crescimento (VILHORDO; MULLER, 1981).

No feijoeiro, após o surgimento das folhas primárias, o caule continua a se desenvolver, dando origem a uma sucessão de nós e internódios. Os nós são o ponto de inserção das folhas trifolioladas e de um grupo de gemas axilares, sendo o internódio o espaço entre dois nós. Os nós caulinares são numerados em sequência ascendente, sendo o primeiro nó no qual há a inserção dos cotilédones, o segundo a inserção das folhas primárias, o terceiro a primeira folha trifoliolada, e assim sucessivamente (SANTOS; GAVILANES, 2006).

Nas axilas das folhas trifolioladas, entre o caule e o pecíolo, há três gemas que formam um complexo axilar denominado por tríade, o qual pode ser de tipo vegetativo, reprodutivo-vegetativo ou reprodutivo (LEON, 1968). Tríades do tipo reprodutivo-vegetativo ocorrem na parte superior dos caules ou

das ramificações laterais, em cultivares dos tipos II, III e IV. A gema central desenvolve-se em uma inflorescência, e em muitos casos as outras duas gemas podem iniciar um desenvolvimento vegetativo. No terceiro caso, as duas gemas laterais se convertem diretamente em botões florais e a gema central permanece em estado latente. Este último tipo de desenvolvimento da tríade é observado unicamente nas partes terminais do caule e das ramificações laterais em cultivares de hábito tipo I (DEBOUCK, 1991).

As folhas do feijoeiro comunsão simples, opostas e constituídas por três folíolos (um central, ou terminal, simétrico e dois laterais, opostos e assimétricos) e alternas, características das folhas definitivas (SILVA; COSTA, 2003).

O tamanho dos folíolos das folhas varia entre cultivares. Por essa razão, para a sua caracterização botânica são medidos os folíolos centrais em folhas completamente desenvolvidas, desde a base ao ápice, ao longo da nervura central, pela largura da parte mediana do folíolo e perpendicular à nervura central do ponto mais largo. O índice obtido pela razão entre o comprimento e a largura do folíolo central permite agrupar as cultivares em classes de índice baixo, médio ou alto (ANTUNES et al., 2001).

Enquanto o ancestral selvagem do feijão comum apresenta, estritamente, hábito indeterminado e trepador, o feijão cultivado apresenta diversas variações quanto ao hábito de crescimento (PAPA et al., 2007; VILHORDO et al., 1980). As cultivares de feijão apresentam variações quanto ao hábito de florescimento (determinado ou indeterminado), números de nós e comprimento da haste principal, número e comprimento dos ramos laterais, habilidade para escalar ou não em tutores e tendência, ou não, de prostrar.

Diversas escalas e modelos de classificação do hábito de crescimento do feijoeiro estão disponíveis em diferentes instituições de pesquisa. As escalas TG-/12/8/ da UPOV (União Internacional para a Proteção de Novas Variedades

de Plantas) e TP/12/1 da CPVO (Centro Comunitário de Variedades de plantas) demonstram como as cultivares de feijão devem ser avaliadas com relação ao seu hábito de crescimento. A avaliação é realizada no estágio fisiológico de maturação (R9). Em plantas Ia a haste principal e as ramificações secundárias terminam com gemas reprodutivas. Essas plantas são eretas e não trepadoras. As plantas Ib são semelhantes a Ia sendo, no entanto, trepadoras. Em plantas IIa a haste principal e as ramificações secundárias terminam com gemas vegetativas. Estas plantas são eretas e não trepadoras. Plantas IIb apresentam características como plantas IIa sendo, no entanto, trepadoras. Em plantas IIIa a haste principal e as ramificações secundárias terminam com gemas vegetativas. Estas plantas são prostradas, não trepadoras e as vagens são encontradas na parte inferior da planta. Plantas IIIb são assim como IIIa, sendo, no entanto, trepadoras. Nas plantas IVa a haste principal e ramificações secundárias terminam com gemas vegetativas, as plantas são trepadoras e as vagens encontram-se distribuídas ao longo de toda a planta. As plantas IVb apresentam características de IVa sendo as vagens, no entanto, distribuídas nos dois terços superiores da planta (GENCHEV; KIRYACOV, 2005).

As diversas classificações realizadas em diferentes países são muito semelhantes entre si, assim como semelhantes ao formulário de descritores mínimos para a proteção de cultivares de feijão, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1997), o qual agrupa as cultivares de feijão em hábitos de crescimento dos tipos I, II, III e IV (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL- CIAT, 1975; VIEIRA et al., 2005; VILHORDO et al., 1980).

As cultivares do hábito de crescimento tipo I apresentam crescimento determinado e as suas inflorescências se originam das gemas apicais da haste principal e dos ramos laterais. Essas plantas atingem cerca de 60 centímetros de altura e apresentam curto período de floração. A maturação é, em geral,

uniforme e seu ciclo de vida situa-se, normalmente, entre 60 e 80 dias (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; VIEIRA et al., 2005).

Indivíduos de hábito de crescimento tipo II têm porte arbustivo e apresentam crescimento indeterminado. Suas inflorescências originam-se de gemas axilares. As plantas atingem, aproximadamente, 70 centímetros de altura. Os ramos laterais são poucos e curtos, apresentam período de floração na faixa de 15 a 20 dias e a maturação das vagens é bastante uniforme. O ciclo de vida das plantas, no geral, situa-se na faixa de 80 a 90 dias (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; VIEIRA et al., 2005).

Cultivares pertencentes ao hábito de crescimento tipo III possuem ramos laterais bem desenvolvidos e numerosos. A haste principal pode alcançar até 120 centímetros de comprimento. Suas inflorescências originam-se de gemas das axilas das folhas e dos ramos. O período de floração geralmente situa-se na faixa de 20 a 25 dias. A maturação das vagens é desuniforme e a colheita deve ser realizada de forma a se aproveitar vagens inferiores, em detrimento às superiores. O ciclo de vida situa-se entre 85 e 90 dias (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; VIEIRA et al., 2005).

Plantas do hábito de crescimento do tipo IV podem ser prostradas ou trepadoras, quando na presença de tutores. A haste principal cresce mais, podendo alcançar até mais que 2 metros de altura. Suas inflorescências se formam a partir das gemas das axilas das folhas e dos ramos. O período de floração supera 25 dias e o seu ciclo de vida situa-se entre 100 e 110 dias. A maturação das vagens não é uniforme (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; VIEIRA et al., 2005).

2.2 O hábito de crescimento e suas implicações na cultura do feijoeiro

O porte, um dos caracteres mais importantes da planta, é um dos requisitos essenciais à descrição das cultivares (SANTOS; GAVILANES, 2006). O porte mais ereto das plantas apresenta diversas vantagens como o menor acamamento, o que facilita tratos culturais, a possibilidade de colheita mecânica, a redução de perdas na colheita na decorrência do menor contato com o solo, o que acarreta em melhor qualidade dos grãos e menor incidência de doenças (ENDER; KELLY, 2005; KOLKMAN; KELLY, 2002).

O tamanho da semente, o hábito de crescimento e os dias para maturação são características intrínsecas de cada cultivar de feijoeiro, sendo responsáveis por diferenças no potencial de produção (SINGH, 1992). Para uma cultivar de feijoeiro com boa adaptação, o crescimento total determina o seu rendimento (WHITE et al., 1992).

Um dos grandes problemas para o cultivo do feijão em lavouras empresariais consistia na dificuldade de mecanização da colheita, pois a maioria das cultivares possuía baixa altura de inserção de vagens concentradas nos dois terços inferiores da planta, e, também, elevados índices de acamamento (SILVA; BEVITORI, 1994).

O feijoeiro ideal para a colheita mecanizada é o que tem altura superior a 50 cm, porte ereto do tipo I ou II, resistência ao acamamento, ramificação compacta, vagens concentradas no ramo principal e nos dois terços superiores da planta, vagens indeiscentes com não mais de 6 a 8 cm de comprimento, maturação uniforme e boa desfolha natural por ocasião da colheita (SIMONE; GARCIA; PANADORO, 1992).

A obtenção de novas cultivares é desafio crescente para os melhoristas, pois são cada vez maiores as exigências por resistência a patógenos que infectam a cultura, por plantas mais eretas, por grãos com tamanho, cor e formato dentro

de determinados padrões comerciais, por boas propriedades culinárias, além de estabilidade associada à alta produtividade de grãos (ABREU et al., 2003). Um exemplo de cultivar lançada para atender a essa demanda é a BRS Supremo que apresenta hábito de crescimento indeterminado, tipo II, com porte da planta ereto e boa resistência ao acamamento, em qualquer sistema de plantio. O porte da planta da BRS Supremo possibilita a colheita mecânica e também é interessante para produtores que plantam feijão intercalado nos cafezais, prática comum em Minas Gerais (ABREU et al., 2003). Mais recentemente houve o lançamento da cultivar BRS Estilo com características favoráveis à mecanização da colheita (MELO et al., 2009).

A produção de grãos em plantas eretas geralmente é menor que em cultivares prostradas (WHITE et al., 1992). Contudo, é possível obter cultivares eretas e produtivas, pois a maioria das correlações realizadas entre porte e produção de grãos são de baixa magnitude (COLLICCHIO; RAMALHO; ABREU, 1997; TEIXEIRA, 1997).

O número de ráculos com vagens por planta é menor em cultivares com crescimento determinado. Vilhordo e Muller (1981) verificaram que o número de vagens por planta em cultivares com hábito de crescimento determinado é menor do que nos tipos II e III, além de que o número de vagens por plantas nas cultivares do tipo III pode ser menor ou maior do que nas pertencentes ao tipo II.

A relação entre o número de nós reprodutivos e o número total de nós corresponde ao Índice Reprodutivo (IR). Como as flores originam-se dos nós, espera-se que, quanto maior o número de nós maior seria o rendimento. No entanto, há correlação fenotípica negativa entre o rendimento e o número de nós por planta (DAVIS; EVANS, 1977).

O número e o comprimento de internódios podem corresponder à altura de planta, sendo esse caráter relacionado ao hábito de crescimento. Em ambos os tipos de feijões, determinado e indeterminado, pode haver plantas com mais

internódios que outras, visto que esses caracteres são fortemente influenciados pelas condições ambientais.

A seleção fenotípica entre linhagens, considerando-se o porte da planta, apresenta herdabilidade entre 60% e 70%. Entretanto, os ganhos não são elevados devido à acentuada interação de genótipos por ambientes (CARMO et al., 2007).

A utilização dos hábitos de crescimento para a avaliação de cultivares, com fins ao melhoramento, é complexa. No entanto, com o intuito de auxiliar a avaliação e seleção de progênies Collicchio, Ramalho e Abreu (1997) propuseram uma escala de notas, a qual varia de 1 (planta ereta) a 9 (planta prostrada). Essa avaliação é conduzida com plantas nas quais já há início de maturação dos grãos (etapa R9). No melhoramento de cultivares mais arbustivas uma nova escala diagramática foi proposta mais recentemente (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009). Essa escala varia de 1 a 9, sendo a nota 9 correspondente à planta do tipo II, ereta, com uma única haste, com inserção alta das primeiras vagens e não acamada; a nota 1, às plantas do tipo III, completamente prostradas com internódios longos.

2.3 Efeitos do ambiente sobre os caracteres morfológicos

Regiões favoráveis para o plantio do feijoeiro devem apresentar temperaturas médias entre 15 e 29,5°C e um acúmulo de chuva de 300 mm durante o ciclo da cultura (FANCELLI; DOURADO NETO, 2005).

No Brasil, o feijão comum é plantado em três safras anuais. A primeira, denominada por feijão das águas, é cultivada principalmente nas regiões Sul e Sudeste, ocorrendo o plantio no final de novembro e no começo de dezembro. A segunda safra, denominada por feijão da seca é cultivada principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e o plantio ocorre geralmente em fevereiro

emarço. A terceira, conhecida por safra de inverno, é cultivada principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do país, sendo que no sul de Minas Gerais o plantio é irrigado e realizado nos meses de julho e agosto (MELO et al., 2007).

Um dos grandes entraves aos estudos sobre o porte da planta consiste na forte influência do ambiente sobre esse caráter. Conforme Collicchio, Ramalho e Abreu (1997), a alta umidade, temperaturas elevadas e fertilidade abundante são condições que permitem às plantas maior desenvolvimento vegetativo, o que faz com que até linhagens que se mostraram bem eretas, em algumas condições de cultivo, tornem-se prostradas em outras.

Embora diversas cultivares de feijão atinjam grandes rendimentos em diversos ambientes, tanto a temperatura, como o fotoperíodo, exercem forte influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. Esses efeitos, portanto, exercem influência primária na seleção de cultivares e até na data de plantio (MELO et al., 2007).

Os locais potenciais de desenvolvimento da planta, que são os números de nós da planta, são determinados pela temperatura prevalecente e a duração do dia, assim como o desenvolvimento das flores e conseqüentemente das vagens também reagem a esses fatores. Dias longos aceleram o crescimento vegetativo e retardam o crescimento reprodutivo. Esse efeito do fotoperíodo, que é aditivo ao da temperatura, também aumenta o tamanho da planta e retarda o florescimento e a maturação. Efeitos do fotoperíodo no crescimento do caule foram observados em grande número de espécies, sendo percebidos em diversas fases de desenvolvimento das plantas. Em feijões, o fotoperíodo pode influenciar no crescimento do caule, causando instabilidade em plantas de hábito de crescimento indeterminado. Dias longos promovem o alongamento do caule nas fases iniciais da planta. Nas fases finais de desenvolvimento do feijoeiro, o crescimento do caule é promovido por dias curtos. A taxa de desenvolvimento dos nós é maior quanto maior for a temperatura. Esse efeito também influencia o

número de nós da planta na fase final (KRETCHMER; LAING; WALLACE, 1979).

Há evidências de que em baixas temperaturas há redução do crescimento dos ramos, que acontece em resposta da própria gema a essas condições (ANDREWS; HARDWICK, 1981). Esse contexto diverge daquele sugerido por McIntyre (1973) para quem haveria efeito indireto da temperatura na supressão de fatores como água, metabólitos nitrogenados ou carboidratos procedentes do resto da planta. No entanto, mesmo se a redução da produção de ramos, decorrente de baixas temperaturas, for de alguma maneira contornada, dificilmente se consegue aumentar os rendimentos. Tal fato demonstra a competição entre os ramos e a haste principal, em termos de rendimento de grãos.

Costa, Kohashi-Shibata e Collin(1983), em pesquisa conduzida no México com diferentes densidades de plantio e diferentes hábitos de crescimento, constataram que a inibição da produção lateral de ramos foi maior em cultivares de hábito trepador. Condições de baixa luminosidade também reduzem a formação de ramos axilares (CROOKSTON et al., 1975). Esse fato justifica a redução do número de ramos de uma planta por consequência do aumento da densidade de plantio (COSTA; KOHASHI-SHIBATA; COLLIN, 1983). Maiores densidades significam, então, maior índice de área foliar e, conseqüentemente, menor luminosidade disponível para cada planta.

O tempo para floração varia em função da temperatura, da cultivar e do fotoperíodo, mas, de forma geral, inicia-se dentre 28 a 42 dias após a semeadura. Em cultivares de hábito de crescimento tipo I a floração é concentrada durante um período curto de 5 a 6 dias e, por essa razão, em períodos de seca, quando há presença de diversos fatores de estresse, pode haver uma redução significativa no rendimento final. Cultivares de hábito indeterminado produzem nós adicionais após a floração inicial e, assim, o período se estende para 15 a 30

dias. O período de enchimento das vagens pode variar de 23 dias, para cultivares de crescimento determinado, à quase 50 dias, em cultivares de crescimento indeterminado (CIAT, 1975).

Collicchio, Ramalho e Abreu (1997) ao avaliarem o porte em três safras, verificaram que na safra das águas as notas de porte foram maiores, ou seja, as plantas apresentaram maior desenvolvimento. Seria, portanto, mais apropriado avaliar as plantas em condições desfavoráveis, de forma que aquelas que se mantiverem eretas, nestas condições, também o serão em condições favoráveis de cultivo. Entretanto, há possibilidade dos genótipos arbustivos nas águas produzirem plantas de tamanho muito reduzido na seca ou inverno e resultaria em menor produtividade de grãos.

A adaptação em plantas cultivadas pode ser compreendida como o controle genético de alguma característica capaz de favorecer a planta produzir relativamente bem em determinadas condições ambientais. Nesse contexto, uma cultivar com ampla adaptação é aquela que apresenta bom desempenho em variados ambientes. Uma das características mais limitantes em cultivares de alta produtividade em feijão é a ausência de porte ereto em condições de dias longos, em alta umidade e em elevadas temperaturas (MELO et al., 2007).

Mekbib (2003), com o objetivo de identificar genótipos de diferentes hábitos de crescimento com maior produtividade e estabilidade, constatou que aqueles de hábito Tipo I e III apresentaram maior produtividade e melhor estabilidade. De 11 genótipos selecionados com melhores estabilidades, 5 foram de hábito tipo I, 5 de hábito tipo III e 1 de hábito tipo II. Cultivares de hábitos tipo III possuem melhor capacidade de se recuperar de algum estresse, não afetando tanto a produtividade final.

2.4 Correlações entre os caracteres relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro

As associações existentes entre os caracteres são avaliadas, em geral, por correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente. A correlação fenotípica é estimada diretamente a partir das variações da expressão de um caráter sendo resultante de causas genéticas e ambientais. Essa correlação tem pouco valor prático e pode induzir ao erro. A correlação genética entre tratamentos indica a direção e a magnitude das respostas correlacionadas à seleção, à eficiência relativa da seleção indireta e permite o cálculo dos índices ótimos de seleção por múltiplos caracteres (FALCONER; MACKAY, 1996). As ocorrências de correlações ambientais negativas indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento de outro. Em outro contexto, valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (CRUZ; REGAZZI, 1994).

A estimativa da correlação entre caracteres e o seu conhecimento é importante para os programas de melhoramento genético de plantas, principalmente quando o objetivo é a seleção simultânea de caracteres, ou quando um caráter de interesse evidenciar herdabilidade reduzida, problemas de aferição ou de identificação. No melhoramento de plantas, além de se avaliar um caráter principal, almeja-se manter ou melhorar a expressão de outros caracteres. Nos casos em que a seleção é aplicada em um caráter de alta herdabilidade, o qual apresenta alta correlação com outro caráter de interesse pode-se obter ganhos em relação ao uso exclusivo da seleção direta (MARCHIORO et al., 2003). Conforme Lopes et al. (2001), para se conseguir aumento da produtividade em feijoeiro é necessário entender melhor as correlações entre os componentes morfológicos e fisiológicos.

As correlações são geralmente explicadas pelo efeito aditivo dos genes, o qual afeta dois caracteres, simultaneamente, e tem duas causas principais, sendo uma de origem genética e a outra de origem ambiental (CARVALHO, 2004). As causas genéticas são a pleiotropia e a ligação gênica. Quando a correlação genética advém do efeito pleiotrópico dos genes, ela é permanente e expressa a quantidade em que dois caracteres são influenciados pelos mesmos genes (FALCONER; MACKAY, 1996). A correlação devido à ligação gênica é transitória e é perdida na medida em que ocorrem permutas entre os genes ligados. Sendo assim, a correlação será tanto maior quanto mais próximos estiverem os genes nos cromossomos (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

Diversos trabalhos estimaram as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre caracteres que compõem o hábito de crescimento do feijoeiro, em diversas condições. Checa e Blair (2008), em pesquisa com o objetivo de mapear QTLs de caracteres ligados à capacidade trepadora e ao hábito de crescimento do feijoeiro observaram correlações genéticas positivas entre a altura da planta após 45 dias de plantio e o comprimento dos internódios, as quais variaram de 0,71 a 0,95, conforme o ambiente avaliado. A altura da planta, medida após 75 dias de plantio, apresentou correlações genéticas positivas com o comprimento de internódios (0,68 a 0,99). O número de ramificações apresentou correlações genéticas positivas variáveis de acordo com o ambiente avaliado, sendo de 0,25 a 0,67 para comprimento de internódios, de 0,19 a 0,70 para altura da planta aos 45 dias e de 0,15 a 0,40 para altura da planta medida aos 75 dias.

Tar'an et al. (2002), após avaliação das correlações entre os caracteres morfoagronômicos de uma população $F_{2:4}$, relataram a existência de correlações fenotípicas significativas e positivas entre a altura de planta e o número total de nós, o número de ramificações e o diâmetro do hipocótilo. Esses autores

consideraram esses caracteres como componentes do hábito de crescimento do feijoeiro.

Singh, Deka e Ramakrishna (2014), após avaliarem a variabilidade, a herdabilidade e a correlação entre caracteres agronômicos de 65 genótipos de feijões com capacidade trepadora, observaram correlações genéticas sempre superiores que as correlações fenotípicas. A correlação genética entre comprimento da haste principal e o número de nós da haste principal foi alta (0,63), assim como entre o comprimento da haste e o comprimento dos internódios (0,78). Esses autores também observaram correlação positiva e moderada entre o comprimento dos internódios e o número de grãos por vagem (0,41).

Moura et al. (2013), após a condução de pesquisa sobre o potencial de caracteres para avaliação do porte do feijoeiro, relataram correlações fenotípicas e genéticas superiores a 0,65 entre a nota de porte e os seguintes caracteres ângulo de inserção de ramos, altura da planta na colheita e diâmetros do hipocótilo e epicótilo. Esses autores também constataram que as plantas eretas geralmente eram mais altas e tardias, apresentaram maior diâmetro do hipocótilo, internódios mais curtos e altura de inserção da primeira vagem mais altas.

Tradicionalmente a estimativa das correlações genéticas e fenotípicas se faz pela utilização de técnicas multivariadas da análise de variância. Mais recentemente análises multivariadas (múltiplos caracteres) de modelos mistos baseados na máxima verossimilhança restrita (REML) tem se tornado o procedimento padrão para esse propósito, principalmente devido à sua flexibilidade em lidar com experimentos desbalanceados e delineamentos complexos (PIEPHO; MÖHRING, 2011). O PROC MIXED é um componente de uso geral do pacote estatístico do SAS e permite a estimativa dos componentes de variância e covariância dos fatores do modelo, sendo esses de efeitos fixos, aleatórios ou mistos (LITTELL; HENRY; AMMERMAN, 1998).

Holland (2006) forneceu uma exposição bastante útil sobre os princípios básicos da estimativa pela REML e disponibilizou algumas macros, baseadas no PROC MIXED do SAS. Um dos propósitos da macro é possibilitar a estimativa dos erros padrões associados às correlações genéticas e fenotípicas.

2.5 Anatomia do feijoeiro

Inicialmente a morfologia e anatomia de *Phaseolus vulgaris* foram estudadas para algumas cultivares, sendo descritas as variações morfológicas e anatômicas (KNECHT; O'LEARRY 1972; SILVA, 1979). No entanto, poucos estudos foram realizados posteriormente, nesse âmbito. Os trabalhos de anatomia são importantes em função da caracterização vegetal e servem de subsídio para inúmeros campos das ciências agrárias como a produção vegetal, fisiologia, ecologia e também para o melhoramento genético (SILVA; ALQUINI; CAVALLET, 2005). No caso do feijoeiro, os trabalhos de anatomia se concentram na década de 70 e 90, os quais, em sua quase totalidade, objetivaram descrever a anatomia foliar. Poucos trabalhos foram realizados, posteriormente, embora em todos os anos sejam lançadas inúmeras cultivares de feijão pelos programas de melhoramento genético. São escassos, portanto, trabalhos de descrições morfoanatômicas desses novos genótipos.

As folhas definitivas do feijoeiro são trifolioladas, ou seja, são constituídas por três folíolos. Quanto à disposição, um folíolo é central ou terminal, simétrico, e os outros dois são laterais, opostos e assimétricos. As folhas primárias que surgem logo após a germinação das sementes são simples e opostas. A cor e a pilosidade variam de acordo com a cultivar, com posição na planta, com a idade da planta e com as condições do ambiente (SANTOS; GAVILANES, 2006).

As folhas do feijoeiro possuem quase a mesma estrutura, sendo compostas por três tipos de tecidos: o epidérmico, o de preenchimento e o vascular. Os estômatos ocorrem em ambos os lados, sendo mais frequentes na epiderme inferior (NASSAR; AHMED; BOGHDADY, 2010b). O mesófilo é sempre diferenciado em parênquima paliçádico colunar na face adaxial e lacunoso ou isodiamétrico no lado abaxial, sendo as folhas, portanto, dorsiventrais. O tecido paliçádico é composto por uma camada de células alongadas perpendicularmente à superfície da lâmina e apresenta abundância de cloroplastos. O tecido esponjoso ocorre em direção à epiderme inferior. O sistema vascular é composto por feixes vasculares que, normalmente, formam o esqueleto da folha. No feixe vascular, o xilema se orienta em sentido à superfície adaxial e o floema em direção à região abaxial (NASSAR; AHMED; BOGHDADY, 2010b).

Pesquisas demonstraram variações morfológicas e anatômicas das folhas do feijoeiro em função da luz, de estresses hídricos e de genótipos. Dentre essas, Voltan et al. (1991) relataram diferenças morfoanatômicas entre folhas lisas e rugosas em cultivar de feijão Goiano Precoce. Conforme os referidos autores, esses dois tipos de folhas apresentaram uma única camada de células epidérmicas com três tipos distintos de tricomas e a face adaxial mediu cerca de 130 μm nas folhas lisas e cerca de 70 μm nas folhas rugosas. Diferenças entre os estômatos foram verificadas entre os dois tipos de plantas. Os estômatos, compostos por um par de células-guarda clorofiladas e sem células anexas, estiveram presentes em ambas as epidermes, sendo mais densos na abaxial. O mesófilo se diferenciou em tecido paliçádico e esponjoso. O tecido paliçádico apresentou células alongadas e perpendiculares à epiderme, as quais estiveram em contato com o tecido esponjoso na face abaxial. O mesófilo das plantas rugosas foi mais denso e ocorreu em espaços intercalares reduzidos. Conforme

esses autores, o parênquima paliçádico e o lacunoso das plantas rugosas foram mais espessos que os das plantas lisas, em todo o limbo foliolar.

White e Montes (2005) demonstraram que a espessura e a área de folhas de feijão proporcionam equilíbrio entre o potencial para a fotossíntese por unidade de área foliar e para a interceptação de luz, favorecendo, dessa forma, a produtividade da cultura. Essa conclusão foi proporcionada por medições realizadas no tecido foliar de plantas cultivadas em campo aberto e em ambiente protegido.

Sexton et al. (1997) não verificaram diferenças na espessura de tecidos foliares de sete linhagens de feijoeiro mesoamericanas e nove linhagens andinas, pois as medições da epiderme e do parênquima paliçádico foram similares. Esses autores, no entanto, verificaram maior quantidade de espaço de ar no parênquima lacunoso das linhagens mesoamericanas, o que mencionaram como sendo importante na redução da resistência interna para trocas gasosas dentro da folha, como difusão de dióxido de carbono (CO_2).

Navea et al. (2002) observaram diferenças morfoanatômicas entre genótipos de feijão, selvagens e domesticados, em função do estresse hídrico. Esses autores detectaram diferenças no mesofilo do parênquima paliçádico, o qual foi mais espesso nos genótipos domesticados ($119,0 \mu\text{m}$) do que nos genótipos selvagens ($109,0 \mu\text{m}$). Foram relatadas diferenças no tamanho das células epidérmicas, em ambos os genótipos, as quais foram menores em estresse hídrico. Os autores não relataram diferenças no tamanho dos estômatos adaxiais e abaxiais, seja nas plantas bem regadas, seja nas plantas em estresse hídrico. Conforme Gonçalves (2013), essas características morfoanatômicas são relevantes para a seleção de plantas resistentes ao estresse hídrico.

Silva et al. (1999), após pesquisarem as características de diferentes cultivares de feijoeiro em condição de déficit hídrico, observaram o aumento

significativo de tricomas (35%), a diminuição do volume celular (26%) e maior espessura do mesofilo, cuja medida se alterou, em média, de 207 para 282 μm .

O caule do feijoeiro é herbáceo, morfológicamente classificado como haste, e apresenta, na planta adulta, secção transversal cilíndrica e levemente angulosa (LEON, 1968). O caule também apresenta pilosidade e colorações que variam, em intensidade, de acordo com a posição, o estágio de desenvolvimento da planta, a cultivar e as condições ambientais. Quanto à pilosidade, o caule pode ser classificado de subglabro a pubescente. Os pelos podem ser: a) simples, curtos, longos, ou ambos; b) curtos e em forma de gancho, observados com maior frequência nas partes mais jovens. O pecíolo se assemelha a um caule, devido à sua forma alongada, sendo canaliculado na face superior (adaxial). A base do pecíolo apresenta-se engrossada, formando o pulvino, que se constitui por um tecido motor relacionado aos movimentos nictinásticos das folhas, o que contribui para a melhor absorção da luz solar. Nessa estrutura, o sistema vascular está concentrado em sua porção central, com grande desenvolvimento de parênquima (SANTOS; GAVILANES, 2006).

2.6 Cultivares e linhagens utilizadas na presente pesquisa

Com a finalidade de amostrar a diversidade dos diferentes tipos de hábito de crescimento do feijoeiro foram selecionadas para esta pesquisa 3 linhagens e 17 cultivares. Entre as linhagens uma possui o hábito de crescimento tipo III, VR16, com grão tipo vermelho e plantas bastante prostradas, produzidano programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa. A segunda de hábito de crescimento tipo II, RP1 e a terceira linhagem aESAL 693 que pertence ao grupo carioca e seu tipo de grão é semelhante ao desta cultivar, apresentando listras levemente escuras. É resistente aos agentes causais da mancha angular e da antracnose (alelo *Co-5*) e apresenta alto potencial

produtivo. É precoce e possui hábito de crescimento tipo I (BALDONI; SANTOS; ABREU, 2006). As duas últimas foram produzidas no programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras. As demais cultivares utilizadas estão descritas a seguir.

- **BRS Radiante**

A cultivar BRS Radiante, com grãos tipo manteiga, apresenta porte ereto, boa resistência ao acamamento durante todo o seu ciclo, o qual, em média, de 80 dias, desde a emergência até a maturação fisiológica. É resistente ao mosaico-comum e a algumas raças de *Colletotrichum lindemuthianum*. Apresenta resistência intermediária à ferrugem, tolerância ao oídio, suscetibilidade ao crestamento bacteriano comum e à mancha-angular (CARVALHO; ALBRECHT, 2003; FARIA et al., 2002).

- **Eriparsa**

A cultivar Eriparsa é mais antiga e foi desenvolvida pela EPAMIG. Possui grãos amarelos, ciclo de 70 dias e hábito de crescimento tipo I (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

- **BRS Valente**

A cultivar BRS Valente apresenta porte ereto, boa resistência ao acamamento durante todo seu ciclo, o qual pode variar de 80 a 94 dias, da emergência à maturação fisiológica. Apresenta resistência ao mosaico-comum, a algumas raças do fungo causador da antracnose, reação intermediária à ferrugem, ao crestamento bacteriano comum e à mancha-angular (ALBRECHT; CARVALHO, 2004).

- **BRS Estilo**

A cultivar BRS Estilo possui grãos do tipo carioca e apresenta porte ereto, com resistência ao acamamento, sendo adaptada à colheita mecânica direta. Apresenta ciclo normal, de 85 a 90 dias desde a emergência à maturação fisiológica. Com inoculação artificial é resistente ao mosaico-comum e às raças 23, 55, 71, 89, 89-AS, 95, 127 e 453 de *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose. É moderadamente suscetível ao crestamento bacteriano comum e à ferrugem e suscetível à mancha-angular, mosaico-dourado e murcha de fusário (MELO et al., 2009).

- **BRS Esplendor**

A cultivar BRS Esplendor, possui grãos do tipo preto, apresenta porte ereto, com resistência ao acamamento, sendo adaptada à colheita mecânica direta e apresentando ciclo normal, de 85 a 90 dias, da emergência à maturação fisiológica. É resistente ao mosaico-comum e às raças 23, 55, 64, 71, 73, 89, 97, 127 e 453 de *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose. Apresenta resistência intermediária à ferrugem, ao crestamento bacteriano comum e à murcha de fusário, e reação de suscetibilidade à mancha angular e ao mosaico-dourado (COSTA et al., 2009).

- **BRS Cometa**

A BRS Cometa é uma cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial carioca, de ciclo semiprecoce, em média, 78 dias, da emergência à maturação fisiológica. Apresenta porte ereto e boa resistência ao acamamento. Dispõe de boa resistência ao mosaico-comum e resistência intermediária à antracnose,

ferrugem e crestamento bacteriano comum. É suscetível, no entanto, à mancha angular, ao mosaico-dourado e à murcha de fusário. A produtividade média observada, em condições adequadas de cultivo, nas regiões indicadas, é de 3.733 Kg/ha (CARVALHO; ALBRECHT, 2007a).

- **BRS Supremo**

A cultivar BRS Supremo possui grãos do tipo preto, apresenta porte ereto, alta produtividade e boa resistência ao acamamento durante todo seu ciclo, o qual em média de 83 dias, da emergência à maturação fisiológica. Dispõe de resistência ao mosaico-comum, reação intermediária à ferrugem e à mancha angular, suscetibilidade ao mosaico-dourado e ao crestamento bacteriano comum (CARVALHO; ALBRECHT, 2007b).

- **Rio Tibagi**

A Rio Tibagi é uma cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial tipo preto. Apresenta porte de planta ereto, hábito tipo II. O início da floração ocorre aproximadamente aos 41 dias e a maturação fisiológica aos 88 dias (NUNES et al., 1999).

- **BRSMG Madrepérola**

As plantas da cultivar BRSMG Madrepérola, possuem grãos do tipo carioca, são de porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado, tipo III, com baixa tolerância ao acamamento. Na safra do inverno o ciclo, desde a emergência à maturação fisiológica, se completa em aproximadamente 88 dias. Nas safras das águas e seca o ciclo se completa em aproximadamente 83 dias e,

portanto, essa cultivar pode ser considerada como semiprecoce. Apresenta reação de suscetibilidade ao crestamento bacteriano comum e reação de resistência ao vírus do mosaico-comum e às raças 55, 65, 73, 81, 89, 95 e 453 do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. Apresenta, também, resistência intermediária ao fungo *Pseudocercospora griseola*, agente causal da mancha angular. As plantas são suscetíveis à murcha de fusário (*Fusarium oxysporum*) (ABREU et al., 2011a).

- **BRSMG Talismã**

Possuem grãos do tipo carioca, essas plantas apresentam ciclo, da sementeira à maturação fisiológica, variando de 75 a 85 dias, período que depende de condições ambientais. São mais precoces que as cultivares Carioca e Pérola. As plantas são resistentes às raças 65 e 89 do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* e apresentam reação intermediária à mancha-angular e são resistentes ao mosaico-comum (FARIA et al., 2004).

- **Jalo EEP 558**

A cultivar Jalo EEP 558 apresenta hábito de crescimento indeterminado, tipo III e tipo de grãos jalo pertencentes ao grupo manteiga. O florescimento se dá, em média, aos 40 dias e o ciclo da cultura e se completa em torno de 90 dias (VIEIRA et al., 2000).

- **BRSMG União**

A cultivar BRSMG União possui grãos tipo jalo, pertencentes ao grupo manteiga e apresenta hábito de crescimento indeterminado, tipo III. O

florescimento se dá, em média, aos 35 dias e o ciclo da cultura se completa em torno de 77 dias, sendo, portanto, considerada como cultivar semiprecoce. Apresenta tolerância e/ou resistência a patógenos de infestação natural (murcha de fusarium, oídio, ferrugem e mancha-angular), sendo destacada a sua resistência ao oídio, doença a qual a Jalo EEP 558 é altamente suscetível. Com inoculação artificial apresenta reação intermediária ao crestamento bacteriano comum e resistente a raça 475 do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (ABREU et al., 2011b).

- **Pérola**

A 'Pérola', de grãos tipo carioca, foi obtida no CNPAF/EMBRAPA (linhagem LR 720982 CPL 53) e recomendada a partir de 1994. Possui hábito II /III (semiereto a prostrado), ciclo normal e resistência à ferrugem e mosaico-comum. Apresenta produtividade, com irrigação, de 3 mil kg por hectare. É resistente à ferrugem, ao mosaico-comum e à mancha angular. Apresenta resistência intermediária à murcha do fusarium e à mancha angular (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1997; VALÉRIO; ANDRADE; FERREIRA, 1999).

- **Ouro Negro**

A cultivar Ouro Negro é do grupo comercial tipo preto, apresenta hábito de crescimento indeterminado do tipo III. O florescimento se dá, em média, aos 40 dias e o ciclo da cultura se completa em torno de 90 dias. É recomendada para os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Devido à sua suscetibilidade ao crestamento bacteriano comum não deve ser plantada em condições de altas

temperaturas e umidade (época das águas) (EMBRAPA: www.cnptia.embrapa.br).

- **Carioca**

Grão tipo carioca com peso médio de 20 a 25g por 100 sementes. Apresenta porte prostrado, hábito tipo III, ciclo normal e é resistente ao mosaico-comum. O início da floração ocorre em aproximadamente 41 dias e a maturação fisiológica aos 86 dias (ALMEIDA; LEITÃO FILHO; MIYASAKA, 1971).

- **Flor de Mayo**

A cultivar Flor de Mayo possui sementes médias, de coloração bege com estrias rosa e hábito de crescimento indeterminado tipo IV (RAPOSO; RAMALHO; ABREU, 2000).

- **Small White**

A cultivar Small White pertence ao grupo gênico Mesoamericano. Seu grão é de cor branca, peso de 100 sementes com cerca de 14 gramas e hábito de crescimento tipo IV.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. **BRSMG Madrepérola**: cultivar de feijão tipo carioca com escurecimento tardio dos grãos. Santo Antônio de Góias: Embrapa Arroz e feijão, 2011a. 4 p. (Comunicado Técnico, 200).
- ABREU, A. F. B. et al. **BRSMG União**: cultivar de feijão comum de grãos tipo Jalo para o estado de Minas Gerais. Santo Antônio de Góias: Embrapa Arroz e feijão, 2011b. 4 p. (Comunicado Técnico, 199).
- ABREU, A. F. B. et al. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 356-362, 2003.
- ALBERTS, B. et al. **Molecular biology of the cell**. 5th ed. New York: Garland Science, 2007. 1392 p.
- ALBRECHET, J. C.; CARVALHO, W. P. **BRS Valente**: nova cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial preto para o Distrito Federal e noroeste mineiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 3 p. (Comunicado Técnico, 109).
- ALMEIDA, L. D'A.; LEITÃO FILHO, H. F.; MIYASAKA, S. Características do feijão Carioca, um novo cultivar. **Bragantia**, Campinas, v. 30, p. 33-38, 1971.
- ANDREWS, D. J.; HARDWICK, R. C. The Effects of temperature and other variables on the contribution of lateral branches to yield in *Phaseolus vulgaris* L. **Annals of Botany**, London, v. 48, p. 15-23, 1981.
- ANTUNES, I. F. et al. Variação no índice comprimento/largura (IRCF) da folha trifoliolada do feijão (*Phaseolus vulgaris* l.). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE, 3., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 211-213.
- BALDONI, A. B.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B. Melhoramento do feijoeiro comum visando a obtenção de cultivares precoces com grãos tipo Carioca e Rosinha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 67-71, 2006.

- CAMPOS, T. et al. Inheritance of growth habit detected by genetic linkage analysis using microsatellites in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 27, n. 4, p. 549-560, 2011.
- CARMO, S. L. M. et al. Avaliação do stay green em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 953-957, 2007.
- CARVALHO, F. I. F. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.
- CARVALHO, W. P.; ALBRECHET, J. C. **BRS Cometa**: nova cultivar de feijoeiro comum com grão do tipo comercial carioca para a região do Distrito Federal. Planaltina: Embrapa, 2007a. 3 p. (Comunicado Técnico, 139).
- CARVALHO, W. P.; ALBRECHET, J. C. **BRS Radiante**: nova cultivar precoce feijoeiro com tipo de grão rajado para o Distrito Federal e noroeste mineiro. Planaltina: Embrapa, 2003. 3 p. (Comunicado Técnico, 94).
- CARVALHO, W. P.; ALBRECHET, J. C. **BRS Supremo**: cultivar de grão preto de feijoeiro comum de porte ereto indicada para a região do Distrito Federal. Planaltina: Embrapa, 2007b. 3 p. (Comunicado Técnico, 132).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistemas de producción de frijol**. Cali, 1975. 64 p.
- CHECA, O. E.; BLAIR, M. W. Mapping QTL for climbing ability and component traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 22, p. 201-215, 2008.
- CICHY, K. A.; SNAPP, S. S.; BLAIR, M. W. Plant growth habit, root architecture traits and tolerance to low soil phosphorus in an andean bean population. **Euphytica**, Wageningen, v.165, p. 257-268, 2009.
- 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, 1997.
- COSTA, J. G. C. et al. **BRS Esplendor**: cultivar de feijoeiro comum de grão tipo comercial preto, com arquitetura de planta ereta, alto potencial produtivo e tolerância a doenças. Santo Antônio de Góias: Embrapa, 2009. 4 p. (Comunicado Técnico, 185).

COSTA, J. G. C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; COLLIN, S. M. Plasticidade do feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 159-167, 1983.

CROOKSTON, R. K. et al. Response of beans to shading. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 412-416, 1975.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**: correlações genotípica, fenotípica e de ambiente. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.

DAVIS, J. H. C.; EVANS, A. M. Selection indices using plant types characteristics in navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 89, p. 341-348, 1977.

DAWO, M. I.; SANDERS, F. E.; PILBEAM, D. J. Yield, yield components and plant architecture in the F3 generation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) derived from a cross between the determinate cultivar 'Prelude' and an indeterminate landrace. **Euphytica**, Wageningen, v.156, p. 77-87, 2007.

DEBOUCK, D.; HIDALGO, R. Morfologia de La planta de frijol comum. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. Van (Ed.). **Frijol**: invertigación y producion. Cali: CIAT, 1985. p. 61-78.

DEBOUCK, D. G. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. Van; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans**: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de produção**. 1997. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/cultivares.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2012.

ENDER, M.; KELLY, J. D. Identification of QTL associated with white mold resistance in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 6, p. 2482-2489, 2005.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Londres: Longman, 1996. 463 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Feijão irrigado**: tecnologia e produção. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2005, v. 1, 174 p.

FARIA, L. C. et al. **BRSMG Talismã**: uma nova opção de cultivar de feijoeiro comum com grão carioca para o estado do Paraná. Santo Antônio de Góias: Embrapa, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 75).

FARIA, L. C. et al. **BRS Radiante**: nova cultivar precoce de feijoeiro comum com tipo de grão rajado. Santo Antônio de Góias: Embrapa, 2002. 2 p. (Comunicado Técnico, 45).

GENCHEV, D.; KIRYACOV, I. **Color scales for identification of characters of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. General Toshevo: Dobroudja Agricultural Institute, 2005. 31 p.

GONÇALVES, J. G. R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca**. 2013. 98 p. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2013.

HOLLAND, J. B. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 642-654, 2006.

KNECHT, G. N.; O'LEARY, J. W. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. leaves. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 133, p. 132-134, 1972.

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

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 693-699, 2002.

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

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

LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1216-1231, 1998.

LOPES, A. C. A. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres agrnômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 515-520, 2001.

MARCHIORO, V. S. et al. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, p. 323-328, 2003.

MCINTYRE, G. I. Environmental control of apical dominance in *Phaseolus vulgaris*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 54, p. 293-299, 1973.

MEKBIB, F. Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Euphytica**, Wageningen, v. 130, p. 147-153, 2003.

MELO, L. C. et al. **BRS Estilo**: cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura de planta ereta associada com alto potencial produtivo.. Santo Antônio de Góias: Embrapa, 2009. 4 p. (Comunicado Técnico, 186).

MELO, L. C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 715-723, 2007.

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

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, 2013.

NASSAR, R. M. A.; AHMED, Y. M.; BOGHDADY, M. Botanical studies on *Phaseolus vulgaris* L. I-Morphology of Vegetative and Reproductive Growth. **International Journal of Botany**, Berlin, v. 6, p. 323-333, 2010a.

NASSAR, R. M. A.; AHMED, Y. M.; BOGHDADY, M. S. Botanical studies on *Phaseolus Vulgaris* L. **Journal of American Science**, New York, v. 6, n. 12, p. 271-229, 2010b.

NAVEA, C. et al. Foliar response of wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* L. to water stress. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 49, p. 125-132, 2002.

NUNES, G. H. S. et al. Estabilidade de variedades de feijão comum no estado de Santa Catarina. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 46, p. 625-633, 1999.

PAPA, R. et al. Tagging the signatures of domestication in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by means of pooled DNA samples. **Annals of Botany**, London, v. 100, p. 1039-1051, 2007.

PIEPHO, H. P.; MOHRING, J. On estimation of genotypic correlations and their standard errors by multivariate REML using the MIXED procedure of the SAS system. **Crop Science**, Madison, v. 51, p. 2449-2454, 2011.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41-66.

SEXTON, P. J. et al. Early-season growth in relation to region of domestication, seed size, and leaf traits in common bean. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 52, p. 69-78, 1997.

SILVA, H. et al. Efecto del déficit hídrico em la anatomia foliar de seis cultivares de poroto *Phaseolus vulgaris*. **Revista Chilena de Historia Natural**, Santiago, v. 72, p. 21235, 1999.

SILVA, C. C.; BEVITORI, R. Colheita e beneficiamento de feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p. 54-63, 1994.

SILVA, E. A. M. **Developmental anatomy of *Phaseolus vulgaris* L 'Bush Blue Lake290' with special consideration of light influence on leaf development**. 1979. 72 p. Thesis (Doctorate) - North Carolina State University, Raleigh, 1979.

SILVA, H. T.; COSTA, A. O. **Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 40 p.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.

SIMONE, M. F. V.; GARCIA, S.; PANADERO, P. C. **Adaptación de variedades y líneas de judías secas (Phaseolus vulgaris L.) a la recolección mecánica directa**. Salta : INTA, 1992. 5 p.

SINGH, B. K.; DEKA, B. C.; RAMAKRISHNA, Y. Genetic variability, heritability and interrelationships in Pole-Type French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Proceeding of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, Allahabad, v. 84, p. 587-592, 2014.

SINGH, S. P. Common bean improvement in the tropics. **Plant Breeding Reviews**, Westport, v. 10, p. 199-269, 1992.

TAR'AN, B. et al. Genetic mapping of agronomic traits in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 544-556, 2002.

TEIXEIRA, F. F. **Controle genético do porte do feijoeiro**. 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

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

VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D. F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 515-528, 1999.

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

VIEIRA, R. F. et al. Comportamento de variedades e linhagens de feijão tipo Jalo em Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 47, p. 145-153, 2000.

VILHORDO, B. W. et al. Hábito de crescimento em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 16, p. 79-98, 1980.

VILHORDO, B. W.; MULLER, L. **Correlação entre caracterização botânica e classificação comercial em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**.

Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1981. 62 p. (Boletim Técnico, 8).

VOLTAN, R. B. Q. et al. Botânica e fisiologia de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 1-15, 1991.

WHITE, J. W. et al. Effects of seed size and photoperiod response on crop growth and yield of common bean. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 295-307, 1992.

WHITE, J. W.; MONTES, C. R. Variation in parameters related to leaf thickness in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 91, p. 7-21, 2005.

SEGUNDA PARTE

ARTIGOS

**ARTIGO 1 CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS RELACIONADOS
AO HÁBITO DE CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO NO SUL DE MINAS
GERAIS**

RESUMO

Objetivou-se avaliar cultivares com diferentes hábitos de crescimento durante as principais épocas de plantio no sul de Minas Gerais, com a finalidade de se identificar alterações nos principais caracteres morfoagronômicos. Os experimentos foram realizados em 6 safras nos anos de 2012 e 2013, em blocos casualizados, com três repetições. Foram utilizados 20 genótipos pertencentes aos quatro diferentes hábitos de crescimento. Foram obtidos dados de dias para 50% de plantas da parcela com flores (PPF), comprimento da haste principal (CHP), altura da inserção da primeira vagem (IPV), número de nós da haste principal (NHP), comprimento médio dos internódios (CMI), número de ramificações secundárias (NRS), número de vagens por planta (NVP), número médio de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), diâmetro do caule (DC), massa de 100 grãos (MCG), a razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RFC) e a nota de porte. Os dados foram submetidos às análises de variância individual e conjunta. As médias conjuntas e das duas Safras das águas foram agrupadas pelo método de Scott e Knott. As interações foram decompostas e para avaliar a estabilidade dos genótipos foi utilizado o método GGE Biplot. Os caracteres que melhor separaram os genótipos quanto aos seus hábitos de crescimento pelo agrupamento de Scott e Knott foram nota de porte, comprimento da haste principal, número de nós da haste principal, diâmetro do caule e massa de 100 grãos. Cada tipo de hábito de crescimento formou um grupo distinto para médias dos caracteres comprimento da haste principal e massa de 100 grãos. Os caracteres altura de inserção da primeira vagem e número de vagens foram os únicos que não apresentaram efeito significativo para a fonte de variação tratamentos. O efeito de ano só não foi significativo para o comprimento da haste principal e número de grãos por vagem. O efeito de safra também foi significativo para quase totalidade dos caracteres avaliados, exceto para a nota de porte e a altura de inserção da primeira vagem. A interação entre tratamentos e safra foi significativa para os caracteres 50% de plantas com flor, comprimento da haste principal, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. Nenhum caráter apresentou interação entre tratamentos e ano significativa. A interação entre ano e safra só não foi significativa para a nota de porte, número de vagens e o diâmetro do caule. Pelo GGE Biplot os genótipos menos estáveis são os de hábito de crescimento tipo I e IV. As cultivares menos estáveis para o comprimento da haste principal foram VR-16, Flor de Mayo e Small White. A cultivar Ouro Negro foi a menos estável para a nota de porte. Para o diâmetro do caule as cultivares mais instáveis foram BRS-Valente, BRS-Estilo, RP-1, BRS-Esplendor, BRS-Cometa de hábito tipo II e Esal 693 de hábito tipo I.

Palavras-chave: Caule. Grãos. Haste. *Phaseolus vulgaris*. Porte.

ABSTRACT

The aim was to evaluate cultivars with different growth habits during the main planting seasons in southern Minas Gerais, in order to identify changes in the main morpho-agronomic traits. The experiments were performed in six seasons during the years 2012 and 2013 in a randomized complete block design with 3 replications. Assays were composed of 20 genotypes from four different types of growth habit. Data from days to 50% of plants with flowers, central main stem length, height of the first pod, number of nodes on the main stem, average length of internodes, number of secondary branches, number of pods per plant, average number of seeds per pod, number of seeds per plant, stem diameter, 100 seed weight, the ratio between the length and the width of the central leaflet and scale grade for growth habit were obtained. Data were submitted to individual and joint variance analyses. (Joint and averages of the two water seasons) crops were grouped according to Scott and Knott method. Interactions were decomposed and the stability of the genotypes was assessed by GGE Biplot method. The characters that best separated the genotypes according to their growth habits were growth grade, length of main stem, number of nodes on the main stem, stem diameter and weight of 100 grains. Each growth habit was grouped for medium length of the main stem and weight of 100 grains. The character height of the first pod and number of pods were the ones that showed no significant variation in treatment effect. The year effect was not significant only for the length of the main and number of grains per pod rod. The effect of season was also significant for almost all traits, except for habit grade and height of the first pod. The interaction between genotypes and seasons was significant for the characters 50% of flowering plants, length of main stem, number of pods, number of seeds per pod and weight of 100 grains. No character showed significant interaction between genotypes and year. The interaction between year and seasons was not significant only for growth habit, number of pods and stem diameter. Using the GGE Biplot the least stable genotypes are the usual type I and IV growth habit. The less stable for the length of the main stem were VR-16, Flor de Mayo and Small White. The Ouro Negro was the least stable for the habit grade. For the stem diameter the most unstable cultivars were BRS-Valente, BRS-Estilo, RP-1, BRS-Esplendor and BRS-Cometa with growth habit type II and ESAL 693 with type I.

Keywords: Stem, Grain, Growth grade, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUÇÃO

Phaseolus vulgaris L. é uma espécie amplamente cultivada nas regiões tropicais, subtropicais e temperada, sendo muito relevante à nutrição humana (Aidar et al., 2002). Além disso, há de se considerar sua importância, também, para geração de riquezas e ocupação. Especificamente na América Latina e no Caribe, o feijão é cultivado em locais onde a temperatura média varia de 19,6°C e 23,3°C (CIAT, 1975).

O feijão é morfológicamente diverso e apresenta variações em muitas características, tais como o hábito de crescimento, fenologia, pigmentação da vagem e pigmentação de grãos (Campos et al., 2011). Além da produtividade de grãos, outras características são essenciais para a aceitação de novas cultivares, como resistência a doenças, porte ereto, tolerância ao acamamento, tamanho e cor dos grãos (Melo et al., 2007).

Os diferentes hábitos de crescimento são classificados com base no número de nós, do grau e tipo de ramificação, comprimento dos internódios, capacidade trepadora e quanto ao hábito de florescimento de natureza determinada ou indeterminada (Debouck e Hidalgo, 1985). Os hábitos de crescimento podem ser classificados em quatro grupos: hábito determinado arbustivo (Tipo I), hábito indeterminado arbustivo (Tipo II), hábito indeterminado prostrado (Tipo III) e hábito indeterminado trepador (Tipo IV) (Nassar et al., 2010). Essa classificação, realizada em diferentes ambientes da Colômbia, é utilizada em todo Brasil. Como geralmente ocorre interação entre genótipos e ambientes há possibilidade de alteração da classificação ou dos valores fenológicos utilizados para a classificação (Debouck, 1991).

Existem muitas formas intermediárias de hábito em decorrência de variações no crescimento de ramos laterais e número de nós da haste principal, na capacidade de escalada e no comprimento de internódios, sendo este último caráter responsável pela maior parte dessa variação (Teixeira et al., 1999). No

Brasil, o Feijão comum é plantado em três safras anuais. Um dos grandes entraves aos estudos sobre o porte da planta consiste na forte influência do ambiente sobre esse caráter. Alta umidade, temperaturas elevadas e fertilidade abundante são condições que permitem às plantas maior desenvolvimento vegetativo, o que faz com que até linhagens que se mostraram bem eretas, em algumas condições de cultivo, tornem-se prostradas em outras (Collicchio et al., 1997).

Efeitos do fotoperíodo no crescimento do caule foram demonstrados para grande número de espécies e ocorrem em diversas fases de desenvolvimento das plantas. Em feijões, dois efeitos do fotoperíodo no crescimento do caule podem ocorrer causando instabilidade em plantas de hábito de crescimento indeterminado. Dias longos promovem o alongamento do caule nas fases iniciais da planta. Nas fases finais de desenvolvimento do feijoeiro, o crescimento do caule é promovido por dias curtos. A taxa de desenvolvimento dos nós é maior quanto maior for a temperatura. Esse efeito é também refletido nos números de nós da planta na fase final (Kretchmer et al., 1979).

O número de dias para floração varia com a temperatura, a cultivar e o fotoperíodo, mas, geralmente, inicia-se entre 28 a 42 dias após a semeadura. Em cultivares de hábito de crescimento tipo I, ela é concentrada durante um período curto de 5 a 6 dias e, por essa razão, em períodos de seca, quando há presença de diversos fatores de estresse, pode-se ter redução significativa no rendimento final. Cultivares de hábito indeterminado produzem nós adicionais após a floração inicial e, assim, o período é estendido para 15 a 30 dias. O período de enchimento das vagens pode variar de 23 dias, para cultivares de crescimento determinado, à quase 50 dias em cultivares de crescimento indeterminado (CIAT, 1975).

Considerando a seleção entre linhagens com base na nota de porte, o caráter tem apresentado herdabilidade entre 60% e 70%. Entretanto, os ganhos não são elevados principalmente devido à acentuada interação de genótipos por ambientes (Carmo et al., 2007). A constatação da interação GxA é muito

importante e foi comprovada em vários trabalhos realizados com essa cultura no Brasil (Melo et al., 2007; Gonçalves et al., 2009).

Uma cultivar com ampla adaptação é a que apresenta bom desempenho em uma gama de ambientes. Uma das principais características limitantes em cultivares de alta produtividade em feijão é a ausência de porte ereto sobre dias longos, alta umidade e altas temperaturas. Collicchio et al. (1997) ao avaliar o porte em três safras, verificaram que na safra das águas as notas de porte foram maiores, ou seja, as plantas apresentaram maior desenvolvimento. Então, propuseram ser mais apropriado avaliar as plantas em condições desfavoráveis, de forma que aquelas que se mantiverem eretas nessas condições, também o serão em condições favoráveis de cultivo.

A identificação de cultivares, com maior estabilidade fenotípica, tem sido uma alternativa muito utilizada para atenuar os efeitos da interação genótipos com ambientes e tornar o processo de indicação de cultivares mais seguro. Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar cultivares com diferentes hábitos de crescimento, nas principais épocas de plantio no sul de Minas Gerais, visando identificar alterações nos principais caracteres morfoagronômicos em relação à classificação utilizada.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e material genético

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental da Universidade Federal de Lavras. O município de Lavras situa-se na região sul do estado de Minas Gerais, a 918 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45°59' de longitude Oeste.

O material genético foi provido pelo Banco Ativo de Germoplasma de *Phaseolus vulgaris* L, pertencente à Universidade Federal de Lavras e foi

composto de vinte cultivares/linhagens que se agrupam de acordo com tipo de hábito de crescimento sugerido por Debouck (1991) (Tabela 01).

Tabela 1 Nome das cultivares/linhagens, descrição quanto ao tipo de hábito de crescimento, grupo comercial e procedência de 20 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Lavras

Cultivar/ Linhagem	Hábito de crescimento	Grupo Comercial	Procedência
Esal 693	I	Carioca	UFLA
BRS- Radiante	I	Manteiga	Embrapa
Eriparsa	I	Manteiga	Epamig
BRS- Valente	II	Preto	Embrapa
BRS-Estilo	II	Carioca	Embrapa
RP-1	II	Carioca	UFLA
BRS- Esplendor	II	Preto	Embrapa
BRS-Cometa	II	Carioca	Embrapa
BRS-Supremo	II	Preto	Embrapa
Rio Tibagi	II	Preto	
BRSMG- Madreperola	III	Carioca	UFV/UFLA/ Embrapa/ Epamig
BRSMG-Talismã	III	Carioca	UFV/ UFLA/ Embrapa/Epamig
Jalo-EEP558	III	Manteiga	Estação Experimental Patos
BRSMG-União	III	Manteiga	UFV/UFLA/ Embrapa/ Epamig
Perola	III	Carioca	Embrapa
Ouro Negro	III	Preto	UFV/ Epamig
Carioca comum	III	Carioca	IAC
VR-16	III	Rosinha	UFV
Flor de Mayo	IV	Outros	CIAT
Small White	IV	Branco	CIAT

Condução e avaliação dos experimentos

Os experimentos foram realizados em três safras anuais ('águas', 'seca' e outono-inverno) e durante dois anos consecutivos (2012 e 2013).O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. Cada parcela foi composta por três linhas de dois metros cada, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio de 20 sementes por metro linear. Após a emergência foi efetuado o desbaste, mantendo-se duas

plantas por cova espaçadas de 0,2m. Considerou-se como área útil a linha central da parcela, na qual foram avaliadas 10 plantas competitivas. Realizou-se adubação na semeadura, com 300 kg/ha da fórmula 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O) com posterior aplicação de 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, aproximadamente vinte dias após a emergência. A irrigação foi realizada por aspersão sempre que necessário, principalmente nas fases iniciais de germinação e nas safras da seca e inverno.

A avaliação das cultivares foi realizada com base nos caracteres: número médio de dias para o início da floração (50% da parcela com pelo menos uma flor aberta) (PPF); comprimento da haste principal (cm) (CHP); altura da inserção da primeira vagem (cm) (IPV); número de nós da haste principal (NHP); comprimento médio dos internós (cm) (CMI), dado pela razão entre o comprimento da haste principal e o número de nós; número de ramificações secundárias (NRS); número médio de vagens por planta (NVP); número médio de grãos por vagem (NGV); número médio de grãos por planta (NGP); diâmetro médio do caule (cm) (DC); massa de 100 grãos (gramas) (MCG); razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF); nota de porte baseada na escala de Collicchio et al. (1997). O número de dias até o florescimento compreendeu o período da emergência até o florescimento de 50% das plantas da parcela. Com relação ao porte das plantas foram avaliadas em momento próximo à colheita, utilizando-se uma escala de nota de 1 a 9, sendo esta invertida daquela proposta por Collicchio et al. (1997), correspondendo à nota 1 às plantas com hábito tipo IV, plantas prostradas e acamadas, e nota 9 às plantas eretas. A altura da planta representa o comprimento da haste principal e é fornecida pela distância entre a base do caule e o meristema apical. O diâmetro do caule foi medido a cerca de 5 cm da base do caule, esse caráter não foi mensurado na safra da seca de 2012.

Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos dados, considerando-se a média das 10 plantas por parcela, foram realizadas conforme Ramalho et al. (2005). As variáveis respostas foram testadas quanto às pressuposições para a realização de análise de variância individual e conjunta para safras e anos, sendo o modelo para a análise conjunta:

$$Y_{ijkm} = \mu + t_i + s_k + a_m + b_{j(km)} + (ts)_{ik} + (ta)_{im} + (as)_{km} + (tsa)_{ikm} + e_{(ijkm)}$$

em que:

Y_{ijkm} : observação referente cultivar i , na safra k , no ano m , dentro do bloco j ;

μ : efeito fixo da média geral do ensaio;

t_i : efeito aleatório da cultivar i ;

s_k : efeito fixo da safra k ;

a_m : efeito aleatório do ano m ;

b_j : efeito aleatório do bloco j ;

ts_{ik} : efeito fixo da interação da cultivar i na safra k ;

ta_{im} : efeito aleatório da interação da cultivar i no ano m ;

sa_{km} : efeito aleatório da interação da safra k no ano m ;

$t sa_{ikm}$: efeito aleatório da interação da cultivar i na safra k no ano m ;

e_{ijkm} : erro experimental em nível de parcela.

As interações entre tratamentos e safras foram decompostas para se observar a sua presença nas combinações das seis safras, duas a duas. As médias das seis safras e os desvios padrões foram calculados e submetidos ao teste de agrupamento de médias Scott e Knott. Devido à reação particular das cultivares no período das águas, as médias das cultivares nessas duas safras, nos anos de 2012 e 2013 foram também analisadas separadamente. Os genótipos foram agrupados de acordo com o seu tipo de hábito de crescimento e as médias e desvio padrão de cada grupo foram obtidos e comparados pelo teste de Scott e

Knott, tanto para as médias conjuntas das seis safras quanto para as médias conjuntas das duas safras das águas.

Para se avaliar a estabilidade dos genótipos foram utilizadas duas abordagens do método GGE Biplot. Ensaios de múltiplos ambientes, na forma de entrada *three-way* dos dados (genótipos mais ambientes por caráter) para a avaliação da estabilidade dos 20 genótipos nas 2 safras das águas, para os caracteres comprimento da haste principal, notas de porte e diâmetro do caule. Também na forma *three-way* de entrada dos dados (genótipos mais ambientes mais caracteres) foi avaliada a estabilidade dos 20 genótipos nas 6 safras utilizando conjuntamente todos os caracteres. No GGE Biplot os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) são derivados da união da variação dos efeitos dos genótipos + a interação genótipos x ambientes em um único valor (Yan e Kang, 2003).

Utilizou-se o procedimento PROC MIXED do software *Statistical Analysis System* (SAS, 2000) para as análises de variância, o software Genes versão 2008.6.0 (Cruz, 2001) para os agrupamentos das médias pelo método Scott e Knott e o software GGE Biplot para os gráficos de estabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises de variância individuais

O resumo das análises de variância individuais dos 13 caracteres avaliados nos 20 genótipos de feijão, nas safras das secas, de inverno e das águas, nos anos de 2012 e 2013, está representado na Tabela 2. A precisão experimental expressa pelos coeficientes de variação foi, de forma geral, inferior a 20%, o que indica boa precisão (Pimentel-Gomes, 1985).

Tabela 2 Resumo das análises de variância individuais e Coeficientes de Variação (CV) dos 13 caracteres avaliados nas safras Secas, Inverno e Águas nos anos de 2012 e 2013

Variável	QM (Trat) Seca 2012	QM (Trat) Inverno2 012	QM (Trat) Águas 2012	QM (Trat) Seca 2013	QM (Trat) Inverno 2013	QM (Trat) Águas 2013
PORTE	14,79**	12,92**	11,812**	10,84**	10,22**	12,25**
CV (%)	11,43	17,99	18,51	20,97	27,36	15,09
CHP	1213,15**	1416,19**	7122,0**	2994,04**	2437,97**	5808,6**
CV (%)	8,5	12,9	12,67	19,62	12,49	18,55
IPV	10,79 ^{NS}	8,99**	14,61**	7,41**	6,47**	25,03**
CV (%)	17,07	12,89	16,56	14,06	9,25	16,92
NHP	15,34**	12,67**	51,11**	14,37**	35,67**	24,62**
CV (%)	8,46	8,19	8,07	10,18	13,01	8,97
CMI	9,73**	8,00**	7,22**	11,56**	6,92**	13,51**
CV (%)	7,67	13,41	9,73	14,88	12,17	20,36
NRS	2,42 ^{NS}	2,021**	1,16**	1,0**	1,44**	2,89**
CV (%)	22,77	24,42	20	18,45	23,22	21,72
RCF	0,019**	0,05**	0,019**	0,01**	0,024**	0,031**
CV (%)	6,64	4,04	5,36	4,84	4,61	4,72
DC	0,035**	0,022**	0,032**	0,038**	0,023**	0,024**
CV (%)	9,67	7,39	9,47	14,55	11,63	6,87
PPF	9,39**	34,89**	22,16**	22,82**	34,08**	22,16**
CV (%)	2,51	3,07	2,48	2,89	3,25	2,48
NV	35,14**	24,79**	88,71**	37,17**	62,82**	88,71**
CV (%)	20,07	22,43	18,52	21,09	21,12	17,76
NGP	1152,73**	752,89**	1895,25**	1047,91 ^{NS}	2517,7**	1895,25**
CV (%)	22,61	26,75	25,65	35,28	25,22	24,48
NGV	0,78**	0,75**	0,76**	1,88**	1,015**	0,71**
CV (%)	8,04	9,75	15,52	16,59	9,42	14,7
MCG	222,77**	132,67**	118,1**	176,92**	249,59**	118,1**
CV (%)	10,29	9,02	9,84	13,6	13,64	9,67

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). Diâmetro do caule (DC). 50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NV). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de 100 grãos (MCG).

Os menores coeficientes de variação foram observados para o comprimento da haste principal na safra da seca de 2012 (8,5%), número de nós da haste principal na safra das águas de 2012 (8,07%), comprimento médio dos

internódios na safra da seca de 2012 (7,67%), razão entre o comprimento e largura do folíolo central (valor inferior a 6,64% em todas as safras), diâmetro do caule na safra das águas de 2013 (6,87) e 50% das plantas com flor (valor inferior a 3,25% em todas as safras). Souza et al. (2004), após avaliarem essas mesmas características, relataram coeficientes de variação de 10,4 % para o comprimento do caule, 9,51% para a altura da primeira vagem, 4,8% para o número de nós, 26,1% para o número de ramificações, 20% para o número de vagens por planta, 10,9% para o número de grãos por vagem, 3,6% para a massa de 100 grãos e 9,2% dias para florescimento, os quais são semelhantes aos observados nesta pesquisa.

Em todas as safras, o efeito da fonte de variação tratamentos foi significativa ($P < 0,05$) para a maioria dos caracteres, exceto para a altura de inserção da primeira vagem e para o número de ramificações secundárias, na safra da seca do ano de 2012, sem efeito significativo. Zilio et al. (2013) relataram diferenças significativas entre os genótipos para todos os caracteres avaliados, em determinado ambiente, exceto para a altura de inserção de vagens em dado ambiente. De forma semelhante, Moura et al. (2013) observaram diferenças significativas para 24 caracteres avaliados, em duas safras. A significância dos efeitos dos tratamentos para a maioria dos caracteres, nas diferentes safras desta pesquisa, evidenciou a variabilidade dos genótipos escolhidos, como representativas aos diferentes hábitos de crescimento do feijoeiro.

Análises de variância conjunta

O resumo das análises conjuntas, das seis safras avaliadas nos anos de 2012 e 2013, dos 13 caracteres mensurados está representado na tabela 3.

Tabela 3 Resumo das análises de variância conjunta e Coeficientes de Variação (CV) dos 13 caracteres avaliados nas safras Secas, Inverno e Águas nos anos de 2012 e 2013

Variável	CV%	QM Ano (A)	QM Safra (S)	QM Trat (T)	QM (SxT)	QM (AxT)	QM (AxS)	QM (AxSxT)
PORTE	17,9	13,22**	3,54	58,86**	2,29	1,97	3,56	1,52
PPF	2,84	13,22**	1024,36**	103,08**	18,21**	2,09	73,1**	1,96**
CHP	15,0	1035,03	57661**	17236**	1600,49*	626,9	7177,4**	365,29**
IPV	15,1	620,18**	6,18	25,66	12,93	7,16	91,05**	9,85**
NHP	9,84	588,31**	403,19**	119,51**	8,04	4,34	40,53**	7,35**
CMI	13,1	149,44**	89,54**	43,22**	3,46	2,84	34,44**	2,72**
NRS	20,9	21,49**	17,17**	3,79**	1,05	1,22	6,61**	0,94**
NVP	19,9	1456,02*	1356,45**	294,93	229,63**	120,4	220,07	105,40
NGP	27,2	17001**	4797,63**	5721,43*	1134,12*	421,2	7810,54*	386,54
NGV	11,9	0,01	26,89**	3,59**	1,02*	0,36	1,36**	0,23
RCF	5,12	0,09**	0,03**	0,07**	0,01	0,01	0,17**	0,01**
MCG	11,2	142,58**	380,17**	920,02**	29,91**	9,53	847,48**	14,39**
DC	9,7	0,03**	0,48**	0,1**	0,01	0,01	0,03	0,01

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Variáveis: 50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). Número de grãos por vagem (NGV). Diâmetro do caule (DC)

Os coeficientes de variação das análises conjuntas variaram de 2,84% para o caráter 50% de plantas floridas a 27,1% para número de grãos por planta. Além do caráter 50% de plantas floridas, o número de nós da haste principal, a razão entre comprimento e a largura do folíolo central e o diâmetro do caule apresentaram coeficientes de variação inferiores a 10%, indicando boa precisão. Os coeficientes de variação observados nesta pesquisa foram semelhantes aqueles relatados por Moura et al. (2013).

A altura de inserção da primeira vagem e o número de vagens não apresentou efeito significativo para a fonte de variação tratamentos. Os demais caracteres foram significativos para essa fonte de variação ($P < 0,05$). Os 24 caracteres avaliados por Moura et al. (2013) e por Melo et al. (2007) apresentaram efeito significativo de tratamento.

Para a fonte de variação ano, a maioria dos caracteres apresentou efeito significativo, em nível de 5% de probabilidade, excetuando-se o comprimento da haste principal e o número de grãos por vagem. O efeito de safra também foi significativo ($P < 0,05$) para grande parte dos caracteres avaliados, exceto para a nota de porte e a altura de inserção da primeira vagem.

A interação entre tratamentos e safra foi significativa ($P < 0,05$) para os caracteres de 50% de plantas com flor, comprimento da haste principal, número de vagens, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. A nota de porte e o diâmetro do caule, importantes para a avaliação fenotípica na seleção de progênies, mostraram-se estáveis, não apresentando mudança de ranqueamento das cultivares nas diferentes safras avaliadas. Nenhum caráter apresentou interação entre tratamentos e ano significativa em nível de 5% de probabilidade, o que demonstrou expressão semelhante dos caracteres nas cultivares nos dois anos de avaliação, resultado que concorda ao de Coelho et al., (2010) para o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem. A interação entre Ano e Safra só não foi significativa para a nota de porte, para o número de vagens e para o diâmetro do caule.

A interação entre genótipo e ambiente para diversos caracteres da cultura do feijoeiro já foi abordada na literatura (Oliveira et al, 2006; Moreto et al., 2007; Pereira et al., 2009). Para os caracteres relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro, Zilio et al. (2013) relataram a interação entre genótipo e ambiente para altura de plantas. Esses últimos autores relataram também que a não interação para diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem e número de nós indicou que os genótipos não responderam de formas diferentes às influências ambientais.

Moura et al.(2013) avaliaram caracteres relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro e observaram interação significativa entre genótipo e ambiente para todas as características pesquisadas, exceto para notas de porte e para o número de grãos por vagem. Tar'an et al. (2002) concluíram que, para uma população $F_{2:4}$, deve haver interação entre genótipo e ambiente para a produção de grãos, altura de planta, dias para florescimento, número de ramificações, diâmetro do caule e número de vagens por planta. Esses relatos são diferentes da presente pesquisa, pois não houve interação para número de grãos por vagem e para a massa de 100 grãos.

Quando avaliadas as interações triplas Ano x Safra x Tratamentos observou-se que não foram significativas para porte, o número de vagens por planta, o número de grãos por planta, o número de grãos por vagem e para o diâmetro do caule, o que demonstrou a maior estabilidade desses caracteres em diferentes safras e anos.

O feijoeiro-comum é cultivado em três safras durante o ano todo, em praticamente todo o Brasil e, portanto está sujeito as mais distintas condições ambientais. Em decorrência dessa diversidade são necessários ensaios em vários ambientes, para que se tenha boa estimativa da interação genótipo por ambiente e para se estimar a estabilidade e adaptabilidade de genótipos (Melo et al., 2007).

As interações entre tratamentos e safras foram avaliadas nas quinze combinações possíveis das seis safras, duas a duas, as quais estão representadas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 Interação Tratamentos X Safra (QM) da combinação entre as 6 safras avaliadas para os caracteres vegetativos

Safras	PORTE	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	RCF	DC
1x2	1,15 **	105,16 ns	9,05 ns	1,08 ns	2,41 **	1,19 *	0,01 ns	
1x3	1,58 *	1572,91 **	12,11 ns	14,2 **	3,66 **	0,6 ns	0,01 *	
1x4	1,47 ns	298,14 ns	4,744 ns	2,13 ns	3,09 **	0,67 ns	0,01 ns	
1x5	1,83 ns	253,98 **	5,51 ns	7,86 **	1,37 **	0,45 ns	0,004 ns	
1x6	1,37 **	1523,7 **	18,4 **	4,75 **	6,98 **	0,8 **	0,014 **	
2x3	1,82 **	1715,39 **	10,78 *	12,32 **	1,81 **	1,36 **	0,01 **	0,01 *
2x4	1,19 ns	347,75 ns	7,62 *	1,28 ns	1,37 ns	1,19 *	0,004 ns	0,009 ns
2x5	0,73 ns	175,89 ns	5,09 ns	7,44 **	0,9 ns	1,36 ns	0,003 ns	0,003 ns
2x6	1,08 ns	1547,43 **	18,29 **	4,22 **	5,14 **	1,74 **	0,007*	0,006 **
3x4	1,81 ns	1231,89 **	6,37 ns	11,54 **	1,96 *	0,53 ns	0,01 **	0,016 **
3x5	3,11 *	1515,81 **	6,76 ns	10,52 **	1,97 **	0,75 ns	0,012 **	0,005 ns
3x6	1,49 ns	883,47 **	17,007 **	9,48 **	4,29 **	0,69 **	0,015 **	0,01 **
4x5	1,86 ns	399,31 ns	1,73 ns	8,29 **	1,95 *	0,58 ns	0,006 ns	0,013 ns
4x6	1,43 ns	968,96 *	16,59 **	4,13 *	3,74 *	0,76 **	0,004 ns	0,012 *
5x6	1,57 ns	1135,64 *	18,04 **	6,17 *	4,98 *	0,75 ns	0,008 *	0,006 ns

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste F. Safras: Seca-2012 (1), Inverno-2012 (2), Águas-2012 (3), Seca-2013 (4), Inverno-2013 (5), Águas-2013 (6).

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). Diâmetro do caule (DC).

Para os oito caracteres vegetativos que compõem o hábito de crescimento do feijoeiro, a nota de porte foi o mais estável, apresentando menor número de interações significativas (5 das quinze possíveis), seguido pela altura de inserção da primeira vagem e pelo número de ramificações secundárias (ambos com 7 interações significativas). Os caracteres que apresentaram maior número de interações foram comprimento médio dos internódios e número de nós da haste principal, com 13 e 12 interações, respectivamente. As interações significativas para a nota de porte foram para as safras seca/2012 e

inverno/2012, seca/2012 e águas/2012, seca/2012 e águas/2013, inverno/2012 e águas-2013, bem como águas/2012 e inverno/2013.

Quando avaliado o número total de interações dos 8 caracteres vegetativos, as safras da seca/2013 e inverno/2013 apresentaram menor número de interações significativas (17 das 40 possíveis). As safras das águas, tanto do ano de 2012 quanto de 2013, apresentaram o maior número de interações significativas (31 e 33 respectivamente). Esse fato reforça a constatação de Collicchio et al. (1997) de que na safra das águas, as plantas apresentaram maior desenvolvimento e seria mais apropriado avaliar as plantas em condições desfavoráveis, de forma que aquelas que se mantiverem eretas, nessas condições, também o serão em condições favoráveis de cultivo.

Tabela 5 Interação Tratamento X Safra (QM) da combinação entre as 6 safras avaliadas para os caracteres reprodutivos

SAFRAS	PPF	NVP	NGP	NGV	MCG
1x2	5,28 **	11,58 ^{ns}	241,72 ^{ns}	0,3 *	66,5 **
1x3	9,18 **	45,63 **	707,17 ^{ns}	0,79 **	58,69 **
1x4	5,93 **	14,64 ^{ns}	381,88 ^{ns}	0,59 ^{ns}	88,81 **
1x5	4,95 **	24,73 ^{ns}	644,05 ^{ns}	0,42 **	125,06 **
1x6	9,18 **	45,63 **	707,17 ^{ns}	0,78 **	58,69 **
2x3	15,31 **	57,78 **	913,73 **	0,55 *	16,55 **
2x4	8,68 **	11,79 ^{ns}	303,51 ^{ns}	0,68 *	9,02 ^{ns}
2x5	1,85 ^{ns}	22,57 ^{ns}	812,37 *	0,24 ^{ns}	21,45 **
2x6	15,31 **	59,78 **	913,74 **	0,52 *	18,55 **
3x4	8,25 **	67,51 **	1000,38 ^{ns}	1,05 **	25,39 **
3x5	14,41 **	59,13 **	1062,4 *	0,56 *	28,86 **
3x6	0,76 ^{ns}	9,55 ^{ns}	213,43 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,34 ^{ns}
4x5	8,09 **	27,01 ^{ns}	636,57 ^{ns}	0,52 ^{ns}	16,95 ^{ns}
4x6	8,25 **	67,51 **	1056,36 ^{ns}	1,04 **	22,39 **
5x6	14,41 **	62,129 **	1062,41 *	0,55 *	29,86 **

*, **, ^{ns}: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo, respectivamente, pelo teste F. Safras: Seca-2012 (1), Inverno-2012 (2), Águas-2012 (3), Seca-2013 (4), Inverno-2013 (5), Águas-2013 (6).

Variáveis: 50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de 100 grãos (MCG).

Para os cinco caracteres ligados à produção do feijoeiro o número de grãos por planta foi o mais estável, apresentando menor número de interações significativas (4 das quinze possíveis), seguido pelo número de vagens por planta (8 interações significativas). Os caracteres que apresentaram maior número de interações foram 50% de plantas com flores, massa de 100 grãos e o número de grãos por vagem (13, 12 e 11, respectivamente).

Quando avaliado o número total de interações dos 5 caracteres, as safras da seca de 2012 e de 2013 e as de inverno de 2012 e de 2013 apresentaram número semelhante de interações significativas (16, 13, 17 e 16, respectivamente, das 25 possíveis). Assim, como constatado para os caracteres vegetativos, as safras das águas dos anos de 2012 e de 2013 apresentaram o maior número de interações significativas (23).

As médias seguidas dos seus desvios padrões e do agrupamento Scott e Knott dos 20 genótipos para os 13 caracteres avaliados estão representadas na Tabela 6 (safras das águas) e tabelas 1 e 2 do apêndice A (conjunta das 6 safras avaliadas).

Tabela 6 Médias (desvio padrão) e agrupamento Scott Knott para os caracteres vegetativos avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias obtidas das duas safras das águas em 2012 e 2013

Material	PORTE	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	DC	RCF
Esal 693	6,50 (0,5) b	73,18 (17,59) e	13,43 (1,05) b	15,78 (0,47) d	4,97 (1,24) c	4,07 (0,73) b	0,70 (0,05) c	1,31 (0,02) a
Radiante	7,67 (0,47) a	61,08 (11,77) e	13,69 (1,0) b	9,50 (3,42) e	7,97 (2,11) b	3,88 (0,96) b	0,72 (0,05) c	1,37 (0,07) a
Eriparsa	7,50 (1,12) a	46,10 (1,59) e	12,54 (0,74) b	8,00 (0,67) e	6,66 (0,84) c	2,47 (0,96) d	0,66 (0,05) c	1,29 (0,14) a
Valente	7,17 (0,37) a	99,25 (3,2) d	15,01 (2,68) b	17,13 (0,79) c	6,17 (0,36) c	3,69 (0,77) b	0,89 (0,04) a	1,23 (0,02) b
Estilo	6,50 (0,76) b	98,90 (12,71) d	17,40 (2,43) a	17,08 (1,85) c	6,26 (1,24) c	2,58 (0,24) d	0,80 (0,08) b	1,29 (0,02) a
RP-1	6,50 (1,71) b	107,80 (35,95) d	13,83 (2,31) b	15,38 (1,42) d	7,53 (2,44) c	3,71 (0,43) b	0,80 (0,11) b	1,32 (0,06) a
Esplendor	6,17 (1,21) c	148,16 (41,8) c	16,13 (2,93) a	15,43 (0,53) d	10,37 (3,24) a	3,32 (0,42) c	0,83 (0,04) b	1,24 (0,07) b
Cometa	7,33 (0,75) a	90,25 (4,25) d	13,34 (1,67) b	15,33 (1,86) d	6,37 (0,62) c	2,52 (0,44) d	0,78 (0,04) b	1,24 (0,07) b
Supremo	6,67 (0,75) b	134,78 (10,6) c	15,08 (1,58) b	15,89 (1,04) d	9,12 (1,11) b	3,53 (0,54) b	0,78 (0,05) b	1,27 (0,11) a
Rio Tibagi	6,83 (0,9) b	109,28 (14,89) d	13,66 (1,16) b	17,68 (1,16) c	6,59 (1,02) c	2,93 (0,52) c	0,90 (0,06) a	1,23 (0,01) b
Madre Perola	5,17 (0,69) c	143,68 (12,27) c	15,23 (3,74) b	16,95 (2,76) c	9,19 (1,22) b	2,88 (0,49) c	0,69 (0,04) c	1,20 (0,1) b
Talismã	5,67 (0,47) c	126,59 (11,52) c	13,36 (1,66) b	15,84 (0,92) d	8,55 (0,79) b	3,17 (0,43) c	0,72 (0,04) c	1,22 (0,05) b
Jalo-EE558	6,50 (0,76) b	135,98 (22,99) c	19,38 (2,49) a	16,65 (1,92) c	8,69 (1,06) b	2,18 (0,33) d	0,75 (0,06) b	1,33 (0,08) a
União	6,50 (0,5) b	138,13 (25,72) c	18,14 (2,64) a	15,27 (2,31) d	9,81 (1,79) a	2,53 (0,23) d	0,81 (0,09) b	1,27 (0,06) a
Perola	5,83 (1,07) c	134,77 (20,56) c	16,39 (1,26) a	15,10 (2,26) d	9,83 (2,08) a	3,09 (0,48) c	0,77 (0,06) b	1,26 (0,04) a
Ouro Negro	3,83 (1,07) d	142,92 (21,31) c	14,46 (0,85) b	16,29 (0,75) d	9,35 (1,32) b	2,92 (0,71) c	0,69 (0,05) c	1,20 (0,08) b
Carioca comum	5,17 (0,69) c	148,78 (17,86) c	17,54 (4,31) a	16,90 (1,14) c	9,33 (0,46) b	3,17 (0,41) c	0,81 (0,05) b	1,21 (0,08) b
VR-16	2,50 (1,61) e	166,71 (20,91) c	15,76 (2,59) a	19,03 (1,74) b	9,23 (0,69) b	3,13 (0,43) c	0,69 (0,1) c	1,15 (0,08) b
Flor de Mayo	1,00 (0,0) f	240,99 (24,15) a	18,18 (6,2) a	22,91 (2,96) a	11,11 (1,31) a	3,88 (0,48) b	0,54 (0,03) d	1,21 (0,02) b
Small White	1,50 (1,12) f	193,50 (28,31) b	15,96 (5,09) a	22,12 (1,78) a	9,20 (1,38) b	5,21 (0,5) a	0,61 (0,12) d	1,31 (0,15) a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de probabilidade.

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF).

Nas safras das águas as médias das notas de porte variaram de 1 para a cultivar pertencente ao hábito de crescimento do tipo IV (Flor de

Mayo) a 7,67 para a cultivar de hábito de crescimento tipo I (BRS-Radiante). Na média conjunta das safras, o mesmo foi observado sendo para Flor de Mayo de 1,33 e para BRS-Radiante e RP-1 de 7,5. Os genótipos foram agrupados em 6 grupos, tanto nas águas quanto nas conjuntas. As cultivares de hábito tipo IV foram separadas das demais em um único grupo na safra das águas e em dois na conjunta. As cultivares de hábito tipo I foram agrupadas nos dois primeiros grupos, sendo que suas notas foram maiores conforme a escala de Collicchio et al. (1997) e corresponde, no aspecto geral, a bom porte.

De forma geral, as cultivares de hábito tipo II foram mais uniformes e apresentaram boa nota de porte. As cultivares do tipo III apresentaram genótipos com boa nota de porte (6,5) no caso de BRS-União e Jalo EEP558 e também genótipos com notas menores (2,5), no caso da VR-16.

A boa arquitetura da planta do feijoeiro é de grande importância, pois contribui para redução de perdas na colheita mecânica e evita que as vagens fiquem em contato com o solo, o que prejudica a qualidade comercial dos grãos. Pereira et al. (2012) e Melo et al. (2007), após avaliarem o porte das cultivares BRS Estilo, BRS Supremo, BRS Esplendor e BRS Radiante concluíram que todas apresentaram plantas eretas ou semieretas.

Para o comprimento da haste, os genótipos obtiveram, para a safra das águas, médias que variaram de 240,99cm (Flor de Mayo) a 46,1cm (Eriparsa). Na média conjunta esse caráter variou de 161,22cm (Flor de Mayo) a 42,25cm (Eriparsa). Essas cultivares ocuparam os extremos da variação de expressão desse caráter.

Nas safras das águas, os genótipos formaram 5 grupos, enquanto que na média conjunta formaram 7 grupos. Os genótipos foram melhor separados de acordo com o seu tipo de hábito de crescimento nas safras das águas, sendo que as cultivares de hábito tipo I formaram um único grupo, assim como as de hábito tipo IV. As cultivares de tipo II e III foram distribuídas em dois grupos. No

entanto, os comprimentos da haste principal foram crescentes entre os hábitos, sendo em média 60cm para o tipo I, 113cm para o tipo II, 142cm para o tipo III e 217cm para o tipo IV.

Verificou-se menor comprimento da haste principal para os genótipos de hábito de florescimento determinado. Souza et al. (2004), após avaliarem o desempenho de genótipos de feijoeiro em Roraima, também constataram menor tamanho do caule para cultivares com hábito de florescimento determinado, sendo destacada, nesse contexto, a cultivar BRS Radiante.

A altura de inserção da primeira vagem apresentou pouca variação dentre as cultivares avaliadas. Nas safras das águas houve variação de 12,54cm (Eriparsa) a 19,38cm (Jalo EEP558). Na média das conjuntas houve variação de 13,57cm (BRS-Cometa) a 17,98cm (Jalo EEP558). Os genótipos foram agrupados, tanto nas safras das águas quanto na média das conjuntas, em dois grupos, não havendo separação quanto aos tipos de hábito de crescimento.

O número de nós na haste principal apresentou grande variação na safra das águas, como 8 para Eriparsa a 22,91 para Flor de Mayo. Na média das conjuntas variou de 6,99 (Eriparsa) a 17,68 (Small White). Observou-se que as médias dos genótipos nas safras das águas foram maiores para esse caráter, o que demonstrou a influência da temperatura e da umidade em sua expressão. Os genótipos com tipos de hábitos de crescimento I e IV foram melhor separados dos demais, tanto nas safras das águas quanto na média conjunta, enquanto cultivares dos tipos II e III foram agrupadas de forma não homogênea.

O comprimento médio dos internódios variou de 4,97 cm (Esal 693) a 11,11 cm (Flor de Mayo), nas safras das águas, e de 5,54 cm (Esal 693) a 10,24 cm (BRSMG-União) na média conjunta. Os genótipos foram separados em 3 grupos, em ambas abordagens, apresentando inconsistência no agrupamento quanto ao tipo de hábito de crescimento. Inconsistência semelhante foi observada no agrupamento dos caracteres número de ramificações

secundárias, razão entre o comprimento e a largura do folíolo central e diâmetro do caule. Nas safras das águas o número de ramificações variou de 2,18 (Jalo EEP558) a 5,21 (Small White). Na média conjunta observou-se variação de 2,69 (Jalo EEP 558) a 4,47 ramificações (Small White).

A cultivar VR-16 apresentou a menor razão entre o comprimento e a largura do folíolo principal (1,15) e a cultivar Radiante a maior razão (1,37), nas safras das águas. Na média conjunta variou de 1,19 (Ouro Negro) a 1,42 (Radiante). O diâmetro do caule variou, nas águas, de 0,9cm (Rio Tibagi) a 0,54cm (Flor de Mayo). Na média conjunta variou de 0,81cm (Rio Tibagi) a 0,5cm (Flor de maio).

Com relação ao número de dias para o florescimento de 50% das plantas, observou-se que as cultivares mais tardias foram as de hábito de crescimento tipo IV (Flor de Mayo e Small White) (Tabela 7). As cultivares mais precoces foram as de hábito de crescimento tipo I (Radiante e Eriparsa). Souza et al. (2005) também constataram a precocidade da cultivares BRS Radiante e Jalo EEP 558, que, nesta pesquisa, apresentaram média de 36,67 dias. A precocidade é uma característica importante, pois contribui para garantir retorno mais rápido ao produtor. Além disso, genótipos precoces permanecem por menos tempo expostos a estresses bióticos e abióticos, como pragas, doenças e variações pluviométricas.

O número de vagens por planta, o número de grãos por planta, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos compõem os principais componentes de produção em feijão. Portanto, incrementos em qualquer uma dessas variáveis, sem que haja prejuízo para as demais, geralmente contribuem para o aumento da produção (Souza et al., 2004). Nas safras das águas o número de vagens por planta variou de 16,23 (Flor de Mayo) a 33,7 (Talismã). Na média conjunta de 14,57 (União) a 25,8 (Rio Tibagi) as cultivares de hábitos de crescimento tipo II e III apresentaram maior número de grãos por planta. Nas safras das águas, a variação foi de 62,23 (União) a 140,18 (Rio Tibagi) e na média conjunta de 60,78 (Radiante) a 123,74 (Rio Tibagi).

O número de grãos por vagem apresentou variação de 2,91 (Esal 693) a 5,26 (Esplendor), nas safras das águas, e de 3,63 (Radiante) a 5,26 (Esplendor), na média conjunta.

Tabela 7 Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres reprodutivos avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias obtidas das duas safras das águas em 2012 e 2013

Material	PPF	NVP	NGP	NGV	MCG
Esal 693	35,67 (0,94) f	31,67 (2,53) a	92,55 (15,68) b	2,91 (0,38) c	30,71 (3,59) c
Radiante	33,00 (0,0) g	22,53 (2,81) b	79,58 (9,65) b	3,54 (0,18) c	40,90 (3,1) a
Eriparsa	33,00 (0,0) g	21,43 (5,76) b	80,68 (28,4) b	3,66 (0,4) c	32,10 (0,75) c
Valente	38,67 (0,94) c	29,57 (3,54) a	132,35 (4,73) a	4,52 (0,4) b	24,56 (1,77) e
Estilo	40,67 (0,94) b	24,13 (5,59) b	97,82 (29,66) b	3,98 (0,39) c	29,12 (0,61) d
RP-1	35,33 (0,47) f	29,57 (5,21) a	107,62 (10,72) a	3,69 (0,31) c	28,46 (1,68) d
Esplendor	38,00 (1,41) d	24,27 (3,1) b	127,32 (19,28) a	5,26 (0,51) a	20,77 (4,43) f
Cometa	36,67 (0,47) e	22,0 (3,13) b	72,82 (7,58) b	3,33 (0,19) c	25,91 (1,59) e
Supremo	35,67 (0,47) f	29,40 (2,26) a	118,28 (12,94) a	4,03 (0,4) c	22,24 (0,31) f
Rio Tibagi	40,00 (0,82) b	32,63 (6,76) a	140,18 (38,34) a	4,22 (0,35) b	19,59 (0,43) f
Madreperola	36,67 (0,47) e	23,87 (2,42) b	87,98 (28,94) b	3,61 (0,81) c	27,58 (1,49) d
Talismã	36,00 (0,82) f	33,7 (7,78) a	131,85 (35,8) a	3,91 (0,4) c	26,87 (0,44) e
Jalo-EE558	36,67 (0,47) e	19,32 (2,1) c	71,37 (5,99) b	3,76 (0,65) c	34,84 (4,35) b
União	37,00 (0,0) e	16,73 (1,46) c	63,23 (13,04) b	3,76 (0,57) c	33,87 (1,6) b
Perola	38,00 (0,82) d	21,90 (0,93) b	71,95 (8,57) b	3,29 (0,38) c	28,80 (1,76) d
Ouro Negro	35,67 (0,47) f	21,03 (2,23) b	89,18 (5,31) b	4,26 (0,25) b	25,92 (2,3) e
Carioca comum	38,67 (1,7) c	23,03 (0,8) b	86,05 (9,63) b	3,74 (0,43) c	26,58 (1,48) e
VR-16	36,67 (0,47) e	16,70 (2,73) c	68,65 (23,43) b	4,00 (0,68) c	22,07 (1,0) f
Flor de Mayo	43,00 (0,0) a	16,23 (0,5) c	65,48 (12,44) b	4,04 (0,77) c	23,59 (2,32) f
Small White	43,00 (0,0) a	18,70 (0,5) c	66,65 (2,15) b	3,56 (0,02) c	11,63 (0,23) g

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de significância.

Variáveis: 50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de 100 grãos (MCG).

A massa de 100 grãos pode ser agrupada em grãos pequenos (menor que 25 gramas), médios (de 25 e 40 gramas) e grandes (maior que 40 gramas) (Voyset, 1983; Singh, 1999). A massa de 100 grãos foi maior em cultivares do grupo comercial Manteiga. Tanto nas safras das águas quanto nas médias conjuntas a cultivar Small White apresentou a menor massa de 100 grãos (11,63 g). Oposto a isso a cultivar Radiante apresentou a maior massa de 100 grãos (40,9 g). Conforme Carbonell et al. (2010) a massa de cem grãos (M100), de grande importância para o mercado consumidor, é muito influenciada pelo ambiente. A cultivar Pérola é o padrão atual para tamanho de grãos do grupo carioca, a qual a M100 dessa cultivar é em torno de 27 g, valor semelhante ao observado no presente estudo onde na média das 6 safras avaliadas a MCG foi de 26,71g e na média das duas safras das águas de 28,8g.

Na literatura foram publicados os resultados de pesquisas de caracteres componentes do hábito de crescimento do feijoeiro, cujas médias se assemelharam às aquelas obtidas neste trabalho (Tabela 8).

Tabela 8 Valores médios, para características de cultivares de feijão relatados na literatura

Cultivar	Caracteres									
	Porte	NRS	PPF	CHP	NHP	DC	IPV	NVP	NGV	MCG
Carioca ¹	-	-	43	65,69	12,15	0,59	10,31	19,18	6,78	22,89
Carioca ³	8,0	-	44,0	-	-	0,42	13,17	5,04	-	-
Jalo	-	-	36	63,97	9,97	0,68	10,34	15,34	4,93	28,63
EEP558 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jalo	-	1,85	38,7	101	11,2	-	22,0	5,8	2,2	38,47
EEP558 ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio	-	-	42	53,3	12,27	0,78	12,33	31,29	6,75	14,79
Tibagi ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radiante ²	-	3,35	33	44	8,7	-	21,2	8,8	3	37,2
Valente ²	-	3,95	42	85	14,5	-	20,7	9,9	4,4	21,17
Valente ³	3,67	-	43,17	-	-	0,53	15,28	-	-	-
Perola ²	-	3,1	42	98	17,8	-	24,5	7,7	3,5	28,3
Pérola ³	6,33	-	44,33	-	-	0,5	14,15	4,82	-	-
Madre	7,5	-	42,67	-	-	0,44	10,39	5,29	-	-
Pérola ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Majestoso ³	5,67	-	42,33	-	-	0,51	13,42	4,72	-	-
Ouro	7,67	-	41,67	-	-	0,44	12,24	5,04	-	-
Negro ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Supremo ³	2,67	-	43,83	-	-	0,59	14,4	5,13	-	-

¹Vilhordo e Muller (1980); ²Souza et al. (2005); ³Moura et al. (2013).

Variáveis: Número de ramificações secundárias (NRS). 50% das plantas da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Comprimento da haste principal (CHP). Número de nós da haste principal (NHP). Diâmetro do caule (DC). Altura da inserção da primeira vagem (IPV). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de 100 grãos (MCG).

Os genótipos foram agrupados conforme seu hábito de crescimento, sendo calculadas as médias dos 13 caracteres. Para esse cálculo foram utilizadas as safras das águas e, também, as 6 safras avaliadas (Tabelas 9 e 10). As médias dos caracteres nota de porte, comprimento da haste principal, altura de inserção da primeira vagem, número de nós da haste principal, comprimento médio dos internódios e diâmetro do caule foram agrupadas de forma coincidente nas safras das águas e na média conjunta.

Tabela 9 Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias agrupadas por tipo de hábito de crescimento obtidas das duas safras das águas em 2012 e 2013

Variável	I	II	III	IV
PORTE	7,22 (0,63) a	6,74 (0,63) a	5,15 (1,39) b	1,25 (0,43) c
CHP	60,12 (15,67) d	112,63 (23,63) c	142,19 (15,94) b	217,24 (30,93) a
IPV	13,22 (0,6) a	14,92 (1,85) a	16,28 (2,3) a	17,07 (4,12) a
NHP	11,09 (3,92) c	16,27 (1,33) b	16,51 (1,71) b	22,51 (1,79) a
CMI	6,54 (1,82) b	7,49 (1,94) b	9,25 (0,95) a	10,16 (1,42) a
NRS	3,47 (0,92) b	3,18 (0,51) b	2,88 (0,45) b	4,55 (1,07) a
DC	0,69 (0,04) b	0,82 (0,06) a	0,74 (0,06) b	0,58 (0,09) c
RCF	1,32 (0,08) a	1,26 (0,05) a	1,23 (0,07) a	1,26 (0,11) a
PPF	33,89 (1,26) c	37,86 (1,92) b	36,92 (0,92) b	43,00 (0,0) a
NVP	25,21 (4,61) a	27,37 (3,63) a	22,04 (5,09) b	17,47 (1,33) b
NGP	84,27 (6,25) b	113,77 (21,54) a	83,78 (20,45) b	66,07 (2,23) b
NGV	3,37 (0,33) a	4,15 (0,57) a	3,79 (0,27) a	3,80 (0,24) a
MCG	34,57 (4,52) a	24,38 (3,43) b	28,32 (3,94) c	17,61 (5,99) d

Médias seguidas pela mesma letra, em cada caráter, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de probabilidade.

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de cem grãos (MCG).

A média dos caracteres foram agrupadas em 1 grupo (altura de inserção da primeira vagem, razão entre o comprimento e largura do folíolo principal e número de grãos por vagem), 2 grupos (comprimento médio dos internódios, número de ramificações secundárias, número de vagens e número de grãos por vagem), 3 grupos (nota de porte, número de nós da haste principal, diâmetro do caule e 50% das plantas com flor) e 4 grupos (comprimento da haste principal e massa de 100 grãos).

Os caracteres que melhor separaram os genótipos, quanto a seus tipos de hábito de crescimento, foram a nota de porte, o comprimento da haste principal, o número de nós da haste principal, o diâmetro do caule e a massa de 100 grãos. A massa de 100 grãos foi um dos caracteres selecionados por Coelho et al. (2010) para as características morfoagronômicas de cultivares crioulas de feijão comum, o que, conforme esses autores, proporcionou a melhor separação dos genótipos. Notou-se nos presentes resultados a tendência das cultivares do tipo II ter massa de 100 grãos menor do que as cultivares do tipo III. No entanto, há exceções como as cultivares Estilo e RP1.

Tabela 10 Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias agrupadas por tipo de hábito de crescimento obtidas das seis safras avaliadas nos anos de 2012 e 2013

	I	II	III	IV
PORTE	6,93 (0,5) a	7,09 (0,32) a	5,31 (0,88) b	1,44 (0,16) c
CHP	54,12 (10,80) d	89,10 (12,48) c	123,43 (7,92) b	149,64 (16,39) a
IPV	15,37 (1,04) a	14,89 (0,87) a	15,47 (1,53) a	14,59 (0,93) a
NHP	9,51 (2,93) c	14,58 (0,82) b	14,55 (0,98) b	17,50 (0,25) a
CMI	7,02 (1,05) b	6,60 (1,03) b	9,23 (0,75) a	9,06 (1,05) a
NRS	3,66 (0,4) a	3,56 (0,39) b	3,16 (0,31) b	4,04 (0,6) a
DC	0,64 (0,03) b	0,76 (0,04) a	0,67 (0,03) b	0,51 (0,01) c
RCF	1,34 (0,06) a	1,27 (0,04) b	1,24 (0,05) b	1,32 (0,13) a
PPF	35,69 (2,1) c	41,38 (1,18) a	39,37 (1,3) b	41,47 (0,2) a
NVP	19,04 (2,7) a	21,17 (2,43) a	18,72 (3,07) a	20,90 (1,99) a
NGP	71,27 (11,55) b	98,33 (16,5) a	81,93 (17,31) b	86,40 (8,08) b
NGV	3,81 (0,19) b	4,70 (0,39) a	4,41 (0,36) a	4,07 (0,09) b
MCG	34,83 (5,7) a	22,91 (3,06) c	28,13 (6,6) b	20,15 (10,59) d

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de significância.

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de cem grãos (MCG).

Nos 3 grupos formados para a nota de porte as cultivares de hábito de crescimento tipo I e II foram agrupadas juntamente. As cultivares dos tipos III e IV, ao contrário, formaram cada tipo um grupo. Cada tipo de hábito de crescimento formou um grupo distinto para médias dos caracteres comprimento da haste principal e massa de 100 grãos. As médias do número de nós da haste principal formaram três grupos: um (tipo I); outro (tipos II e III); e terceiro (tipo IV).

Para o diâmetro do caule, as cultivares de hábito tipos II e IV foram melhores separadas do que as demais, formando um só grupo cada tipo. As cultivares dos tipos I e III foram agrupadas juntamente. As cultivares do grupo II apresentaram o maior diâmetro médio, o que contribuiu para seu hábito mais arbustivo.

Conforme Denis e Gower (1996), melhoristas buscam estabilidade ou a não presença de interação. A estabilidade tem diversos conceitos; o conceito dinâmico ou agrônômico implica que o desempenho do genótipo seja estável para cada ambiente, sendo o desempenho correspondente ao estimado ou ao predito (Becker e Leon, 1988). Deve-se determinar a estabilidade em um número diverso de ambientes, analisar e interpretar as diferenças genéticas e ambientais. Essa abordagem permite aos pesquisadores identificar genótipos que exibam desempenhos estáveis em ambientes diversos, visualizar as causas da interação e criar estratégias para correção desses problemas.

O modelo GGE Biplot, proposto por Yan et al. (2000), considera os efeitos de genótipos mais os efeitos da interação genótipos por ambientes, analisados por meio dos componentes principais. Como, em geral, o componente principal 1 (PC1) está correlacionado com o efeito do genótipo, é possível alta precisão na visualização gráfica do escore PC1 quanto ao efeito genotípico (Sinebo et al., 2010). A análise GGE Biplot é de fácil compreensão e pode contribuir em diversos aspectos no melhoramento de plantas, sendo na identificação e separação de mega-ambientes e seleção de cultivares de adaptabilidade ampla ou específica (Kang et al., 2006).

A estabilidade fenotípica, conforme o método do GGE Biplot, dos 20 genótipos pesquisados, considerando-se os 13 caracteres, está representada na Figura 1, para a conjunta das 6 safras, e na Figura 2, para as safras das águas.

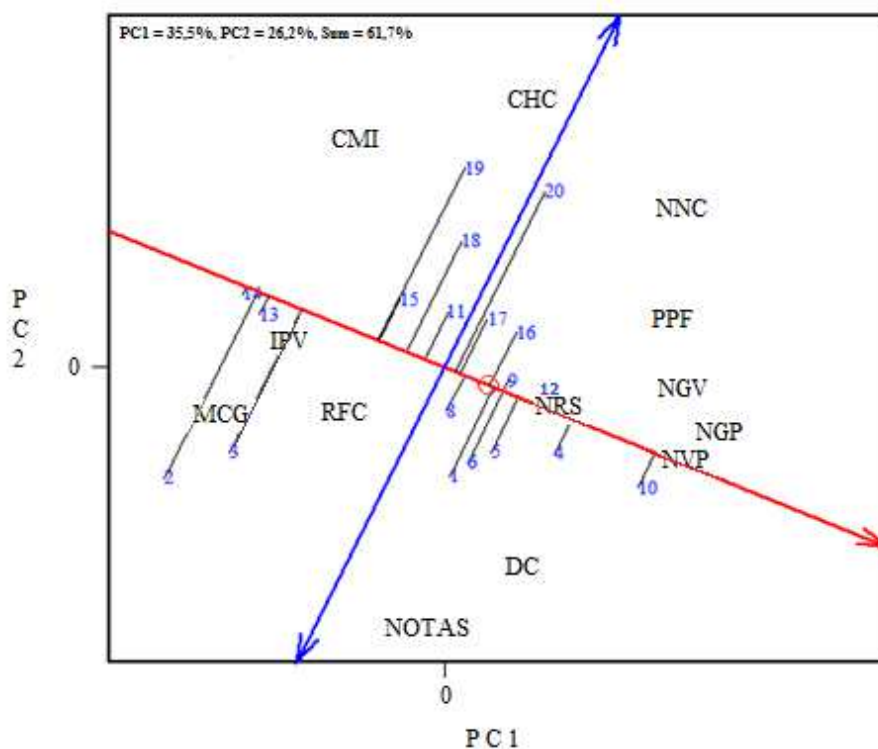


Figura 1 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas considerando todos caracteres

Cultivares: Hábito tipo I: Esal 693 (1), Radiante (2), Eriparsa (3); Tipo II: Valente (4), BRS-Estilo (5), RP-1 (6), BRS- Esplendor (7), BRS-Cometa (8), BRS-Supremo (9), Rio Tibagi (10); Tipo III: BRSMG-Madreperola (11), Talismã (12), Jalo-EE558 (13), BRSMG-União (14), Perola (15), Ouro Negro (16), Carioca comum (17), VR-16 (18), Tipo IV: Flor de Mayo (19), Small White (20).

Variáveis: Comprimento médio dos internódios (CMI). Comprimento da haste principal (CHC). Número de nós da haste principal (NNC). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de grãos por vagem (NGV).Número de grãos por planta (NGP).Número de ramificações secundárias (NRS).Número de vagens por planta (NVP). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RFC).Massa de cem grãos (MCG). Altura de inserção da primeira vagem (IPV).

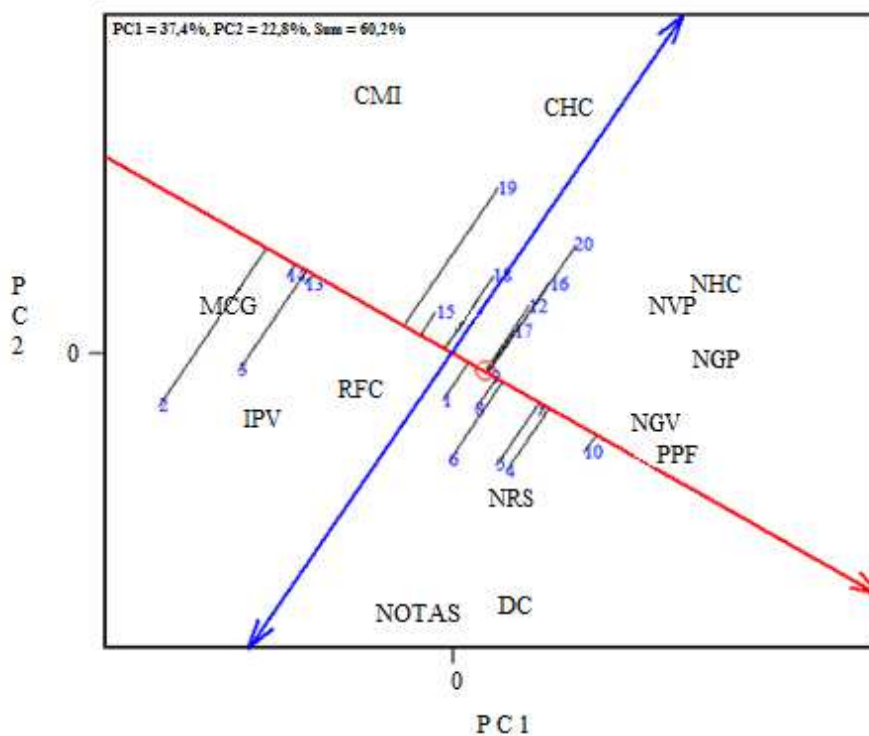


Figura 2 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 2 safras das águas considerando todos caracteres

Cultivares: Hábito tipo I: Esal 693 (1), Radiante (2), Eriparsa (3); Tipo II: Valente (4), BRS-Estilo (5), RP-1 (6), BRS- Esplendor (7), BRS-Cometa (8), BRS-Supremo (9), Rio Tibagi (10); Tipo III: BRSMG-Madreperola (11), Talismã (12), Jalo-EE558 (13), BRSMG-União (14), Perola (15), Ouro Negro (16), Carioca comum (17), VR-16 (18), Tipo IV: Flor de Mayo (19), Small White (20).

Variáveis: Comprimento médio dos internódios (CMI). Comprimento da haste principal (CHC). Número de nós da haste principal (NHC). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de grãos por vagem (NGV).Número de grãos por planta (NGP).Número de ramificações secundárias (NRS).Número de vagens por planta (NVP). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RFC).Massa de cem grãos (MCG). Altura de inserção da primeira vagem (IPV).

Os eixos PC1 e PC2 explicaram acima de 60% da variação para ambos os gráficos. Observa-se nos dois gráficos que os genótipos menos estáveis pertencem aos grupos extremos do tipo de hábito de crescimento, sendo Flor de Mayo e Small White de hábito tipo IV e Radiante e Eriparsa de hábito tipo I. Entretanto, os genótipos de hábito de crescimento tipo III mostraram-se menos estáveis nas safras das águas. Os caracteres que mais influenciaram a instabilidade dos genótipos de hábito de crescimento do tipo I foram a massa de 100 grãos e a razão entre o comprimento do folíolo central. Para genótipos do tipo IV o comprimento médio dos internódios, o comprimento da haste principal e o número de nós da haste principal foram os caracteres que mais influenciaram.

O gráfico GGE Biplot do caráter comprimento da haste principal está representado na Figura 3. Visualiza-se o ordenamento das cultivares, no sentido da esquerda para a esquerda, sendo as primeiras de hábito de crescimento tipo I, com menor comprimento da haste principal, e as últimas de hábito tipo IV. As cultivares menos estáveis foram VR-16, Flor de Mayo e Small White, sendo estas duas últimas de hábito de crescimento tipo IV. As safras das águas foram as maiores influenciadoras dessa instabilidade.

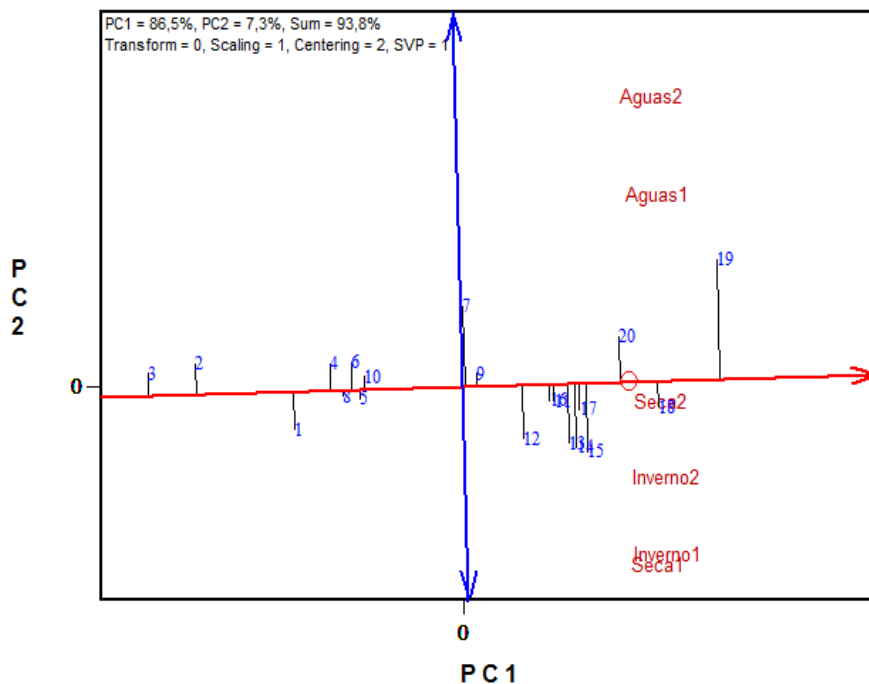


Figura 3 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas para o caráter comprimento da haste principal
Cultivares: Hábito tipo I: Esal 693 (1), Radiante (2), Eriparsa (3); Tipo II: Valente (4), BRS-Estilo (5), RP-1 (6), BRS- Esplendor (7), BRS-Cometa (8), BRS-Supremo (9), Rio Tibagi (10); Tipo III: BRSMG-Madreperola (11), Talismã (12), Jalo-EE558 (13), BRSMG-União (14), Perola (15), Ouro Negro (16), Carioca comum (17), VR-16 (18), Tipo IV: Flor de Mayo (19), Small White (20).

O gráfico GGE Biplot do caráter nota de porte está representado na Figura 4. Visualiza-se o ordenamento das cultivares, no sentido da esquerda para a esquerda, sendo as primeiras de hábito de crescimento tipo IV, com menor nota de porte, e as últimas de hábito tipo I. De forma geral, as cultivares foram estáveis para este caráter, sendo a cultivar Ouro Negro aquela que apresentou a menor estabilidade.

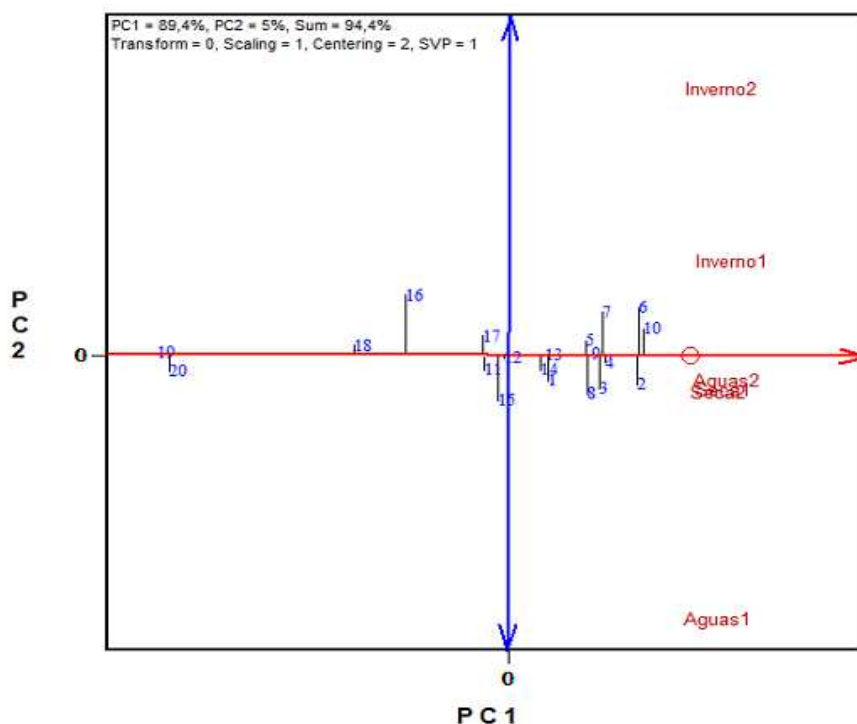


Figura 4 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas para o caráter notas de porte

Cultivares: Hábito tipo I: Esal 693 (1), Radiante (2), Eriparsa (3); Tipo II: Valente (4), BRS-Estilo (5), RP-1 (6), BRS- Esplendor (7), BRS-Cometa (8), BRS-Supremo (9), Rio Tibagi (10); Tipo III: BRSMG-Madreperola (11), Talismã (12), Jalo-EE558 (13), BRSMG-União (14), Perola (15), Ouro Negro (16), Carioca comum (17), VR-16 (18), Tipo IV: Flor de Mayo (19), Small White (20).

O gráfico GGE Biplot do caráter diâmetro do caule está representado na Figura 5. As cultivares de hábito de crescimento tipo IV são representadas no lado esquerdo do gráfico, indicando menor diâmetro do caule. O ordenamento dos demais genótipos não teve relação quanto ao hábito. As cultivares que apresentaram mais instabilidade foram: a BRS-Valente, a BRS-Estilo, a RP-1, a BRS- Esplendor, a BRS-Cometa de hábito tipo II e a Esal 693 de hábito tipo I.

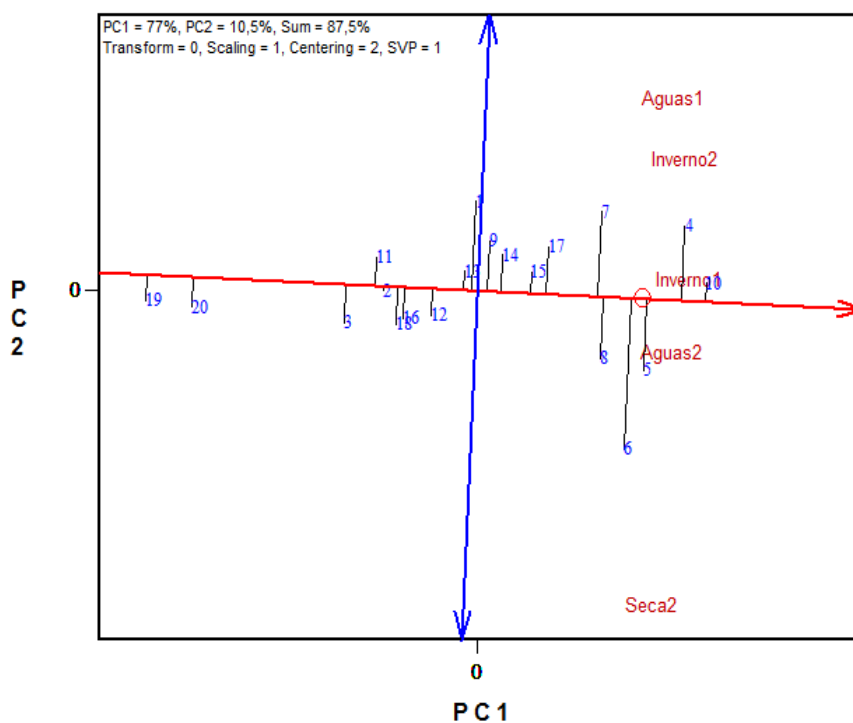


Figura 5 Análise de estabilidade pelo GGE Biplot dos 20 genótipos nas 6 safras avaliadas para o caráter diâmetro do caule

Cultivares: Hábito tipo I: Esal 693 (1), Radiante (2), Eriparsa (3); Tipo II: Valente (4), BRS-Estilo (5), RP-1 (6), BRS- Esplendor (7), BRS-Cometa (8), BRS-Supremo (9), Rio Tibagi (10); Tipo III: BRSMG-Madreperola (11), Talismã (12), Jalo-EE558 (13), BRSMG-União (14), Perola (15), Ouro Negro (16), Carioca comum (17), VR-16 (18), Tipo IV: Flor de Mayo (19), Small White (20).

O melhoramento deve almejar adaptação ampla ou específica para determinada região, mas sempre com ênfase na alta estabilidade. Se a interação deve ser evitada ou explorada depende se as diferenças nos ambientes são previsíveis ou não. Se a interação é atribuída a fatores ambientais não previsíveis, como a variação das variáveis climáticas, ano a ano, a interação deve ser evitada pela seleção de cultivares com desempenhos estáveis, para uma gama de condições. Se a interação é causada por variações de fatores previsíveis

como tipo de solo e práticas culturais, a interação pode ser explorada pela seleção de cultivares especificamente adaptadas a um determinado ambiente (Annicchiarico, 1992).

CONCLUSÕES

Os caracteres que melhor separaram os genótipos quanto aos seus tipos de hábito de crescimento pelo agrupamento de Scott e Knott foram nota de porte, comprimento da haste principal, número de nós da haste principal, diâmetro do caule e massa de 100 grãos.

As cultivares exibiram interação por safras e anos para a maioria dos caracteres, especialmente incluindo a safra das águas. Assim a identificação de caracteres mais estáveis contribui para a seleção de genótipos quanto ao hábito de crescimento.

Os genótipos menos estáveis pertencem aos hábitos de crescimento tipo I e IV e os menos estáveis para o comprimento da haste principal pertencem aos hábitos de crescimento tipo III e IV.

Para o diâmetro do caule as mais instáveis foram BRS-Valente, BRS-Estilo, RP-1, BRS- Esplendor e BRS-Cometa de hábito tipo II e Esal 693 de hábito tipo I.

REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.. **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 305p.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.46, p.269-278, 1992.

BECKER, H.C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breed**, v.101, p.1-23, 1988.

CAMPOS, T.; OBLESSUC, P.R.; SFORÇA, D.A.; CARDOSO, J.M.K.; BARONI, R.M.; SOUSA, A.C.B.; CARBONELL, S. A. M.; CHIORATTO, A. F.; GARCIA, A. A. F.; RUBIANO, L. B.; SOUZA, A.P. Inheritance of growth habit detected by genetic linkage analysis using microsatellites in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v. 27, n. 4, p. 549-560, 2011.

CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v.40, p.2067-2073, 2010.

CARMO, S.L.M.; SANTOS, J.B.; HAGIWARA, W.E.; FERREIRA, J.L. Avaliação do stay green em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.953-957, 2007.

CIAT. **Common beans: research for crop improvement**. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colômbia, 1980, 992p.

CIAT. **Sistemas de producción de frijol**. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colômbia. 1975, 64p.

COELHO, C.M.M.; ZILIO, M.; SOUZA, C.A.; GUIDOLIN, A.F.; MIQUELLUTI, D.J. Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.1177-1186, 2010

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**, v.32, n.3, p.297-304, 1997.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística: versão 2001**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

DEBOUCK, D.; HIDALGO, R. **Morfología de La planta de frijol comum**. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. Van (eds.). Frijol: investigación y producción. Cali, PNUD, CIAT, 1985. p. 61-78.

DEBOUCK, D. G. **Systematics and morphology**. In: SCHOONHOVEN, A. Van; VOYSEST, O. (Ed.). Common beans: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

DENIS, J.B.; GOWER, J.C. Asymptotic confidence regions for biadditive models: interpreting genotype-environment interactions. **Applied Statistics**, v.45, p.479-493, 1996.

GONÇALVES, J.G.R.; CHIORATO, A.F.; PERINA, E.F.; CARBONELL, S.A.M. Estabilidade fenotípica em feijoeiro estimada por análise ammi com genótipo suplementar. **Bragantia**, v.68, p.863-871, 2009.

KANG, M.S.; AGGARWAL, V.D.; CHIRWA, R.M. Adaptability and stability of bean cultivars as determined via yield-stability statistic and GGE Biplot analysis. **Journal of Crop Improvement**, v.15, n.1, p.97-120, 2008.

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

MARCHIORO, V. S.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; SILVA, J. A. G.; KUREK, A. J.; HARTWIG, I. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira Agrociência**, v.9, n.4, p. 323-328, outubro, 2003.

MELO, L.C.; SANTOS, P.G.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 715-723, 2007.

MORETO, A.L.; RAMALHO, M.A.P.; NUNES, J.A.R.; ABREU, A.F.B. Estimativa dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1035-1042, 2007.

MOURA, M.M.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E.S.; CRUZ, C.D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.4, p.417-425, 2013.

NASSAR, R.M.A; AHMED, Y.M.; BOGHDADY, M. Botanical studies on *Phaseolus vulgaris* L. I-Morphology of Vegetative and Reproductive Growth. **International Journal of Botany**, v.6, p.323-333, 2010.

OLIVEIRA, G.V.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E. S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.257-265, 2006.

PEREIRA, H.S.; ALMEIDA, V.M.; MELO, L.C.; WENDLAND, A.; FARIA, L.C.; PELOSO, M.J.D.; MAGALDI, M.C.S. Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. **Bragantia**, v.71, n.2, p.165-172, 2012

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. ; PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.29-37, 2009.

PIMENTEL-LOPES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Esalq. 1985, 467p.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. 2 ed. rev. e atual. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 322 p.

SAS. 2000. Statistical Analysis System Institute Inc. **SAS/STAT User's .Guide. V. 8.0**, vol. I. SAS Institute, Inc. Cary NC.

SINEBO, W.; LAKEW, B.; FEYISSA, A. Biplot analysis of grain yield barley grown under differing management levels in years of contrasting season-end drought. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.2, n.6, p.152-164, 2010.

SINGH, S.P.; MUÑOZ, C.G. resistance to common bacterial blight among Phaseolus species and improvement. **Crop Science**, Madison, v.39, p.80-89, 1999.

SOUZA, F.F.; SILVA, A.C.G.; SOUZA, E.B.A; NEVES, L.R.S.; FARIA, L.C.; DEL PELOSO; M.J. **Desempenho de genótipos de feijão-comum avaliados em Porto Velho, na safra 2003/2004**. EMBRAPA: Comunicado Técnico. 2005, 6p.

TAR'AN, B., MICHAELS, T.E.; PETER, K., PAULS, K.P. Genetic mapping of agronomic traits in common bean. **Crop Science**, v.42, p.544–556, 2002.

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

VOYSEST, O.; DESSERT, M. 1983. Beans cultivars: classes and comercial seeds types. In: SCHOONHOVEN, A. van & VOYSEST, O. (eds.). Common beans – Research for crop improvement. Cali, CAB International, CIAT, p.119-162.

ZILIO, M.; SOUZA, C.A.; COELHO, C.M.M.; MIQUELLUTI, D.J.; MICHELS, A.F. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, n.1, p.21-30, 2013.

YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot. **Crop Science**, v.40, n.3, p.597-605, 2000.

YAN, W.; KANG, M.S. **GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists**. Florida: Boca Raton, 2003. 286p.

APÊNDICE A

Tabela 1 Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres vegetativos avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias obtidas das seis safras avaliadas nos anos de 2012 e 2013

Material	Notas	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	RCF	DC
Esal 693	6,28 (0,73) c	68,38 (12,05) f	14,64 (1,62) b	13,61 (1,95) d	5,54 (1,42) f	3,76 (0,53) b	1,28 (0,03) c	0,67 (0,06) d
Radiante	7,50 (1,0) a	51,74 (11,08) g	16,84 (3,53) a	7,92 (2,52) e	7,95 (1,75) d	4,09 (0,71) a	1,42 (0,1) a	0,63 (0,08) d
Eriparsa	7,00 (0,9) b	42,25 (6,12) g	14,63 (2,32) b	6,99 (1,54) f	7,57 (2,33) d	3,12 (0,86) c	1,32 (0,09) b	0,61 (0,06) d
Valente	7,06 (0,49) b	78,82 (15,55) e	14,59 (1,11) b	15,43 (3,51) c	5,62 (0,88) f	4,20 (0,79) a	1,27 (0,07) c	0,80 (0,09) a
Estilo	6,78 (0,31) b	83,21 (17,74) e	16,19 (1,58) a	15,20 (1,74) c	5,90 (1,18) f	3,67 (0,98) b	1,31 (0,02) b	0,78 (0,06) b
RP-1	7,50 (0,96) a	83,42 (24,9) e	14,67 (2,6) b	13,23 (2,02) d	6,74 (1,44) e	3,68 (0,32) b	1,35 (0,06) b	0,77 (0,11) b
Esplendor	7,00 (0,82) b	107,16 (34,11) d	15,77 (1,38) a	14,11 (2,25) d	8,16 (2,0) d	3,66 (0,81) b	1,24 (0,05) d	0,75 (0,08) b
Cometa	6,83 (0,86) b	79,19 (11,17) e	13,57 (1,54) b	14,20 (1,91) d	6,04 (0,72) f	2,91 (0,35) d	1,24 (0,05) d	0,75 (0,05) b
Supremo	6,89 (0,74) b	106,99 (21,92) d	15,00 (1,82) b	14,48 (1,58) c	7,87 (1,23) d	3,37 (0,46) c	1,25 (0,06) c	0,69 (0,08) c
Rio Tibagi	7,56 (0,79) a	84,91 (20,12) e	14,42 (1,3) b	15,43 (1,88) c	5,87 (1,15) f	3,41 (0,76) c	1,23 (0,02) d	0,81 (0,07) a
Madreperola	5,39 (0,83) d	120,46 (20,51) c	14,83 (1,9) b	14,97 (2,79) c	8,74 (1,25) c	3,17 (0,75) c	1,29 (0,08) c	0,62 (0,06) d
Talismã	5,67 (0,43) d	112,54 (13,62) d	13,59 (1,95) b	15,09 (1,39) c	8,03 (0,98) d	3,15 (0,65) c	1,21 (0,03) d	0,66 (0,07) d
Jalo-EE558	6,22 (0,42) c	121,78 (19,01) c	17,98 (2,36) a	13,90 (2,42) d	9,65 (1,31) b	2,69 (0,49) d	1,31 (0,03) b	0,68 (0,06) c
União	6,17 (0,46) c	122,77 (17,68) c	17,03 (2,1) a	13,18 (2,0) d	10,24 (1,1) a	2,73 (0,32) d	1,29 (0,06) c	0,70 (0,1) c
Perola	5,61 (0,89) d	124,21 (12,85) c	16,08 (1,61) a	13,51 (2,05) d	10,14 (1,35) a	3,37 (0,47) c	1,25 (0,04) c	0,71 (0,06) c
Ouro Negro	4,33 (0,98) e	120,12 (23,58) c	13,68 (1,4) b	14,55 (1,63) c	8,85 (1,43) c	3,22 (0,64) c	1,19 (0,04) d	0,65 (0,06) d
Carioca comum	5,39 (0,36) d	124,98 (18,97) c	15,24 (2,16) b	14,96 (1,7) c	8,93 (0,45) c	3,47 (0,6) c	1,21 (0,04) d	0,72 (0,08) c
VR-16	3,67 (1,02) e	140,60 (25,35) b	15,31 (2,31) b	16,20 (2,51) b	9,23 (1,18) b	3,47 (0,78) c	1,20 (0,06) d	0,64 (0,07) d
Flor de Mayo	1,33 (0,0) f	161,22 (58,92) a	15,25 (4,36) b	17,33 (4,64) a	9,80 (1,63) b	3,61 (0,57) b	1,23 (0,03) d	0,50 (0,04) e
Small White	1,56 (0,37) f	138,05 (43,31) b	13,93 (3,14) b	17,68 (3,9) a	8,31 (1,57) d	4,47 (1,14) a	1,41 (0,11) a	0,52 (0,11) e

Médias seguidas pela mesma letra, em cada caráter, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 Médias (desvio padrão) e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres reprodutivos avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias obtidas das seis safras avaliadas nos anos de 2012 e 2013

Material	PPF	NVP	NGP	NGV	MCG
Esal 693	38,61 (2,94) e	22,83 (7,22) b	87,37 (19,29) b	4,07 (0,83) c	29,17 (4,16) d
Radiante	34,67 (1,49) g	16,80 (4,39) d	60,78 (14,94) d	3,63 (0,29) d	42,63 (3,99) a
Eriparsa	33,78 (1,3) h	17,48 (3,64) d	65,67 (12,47) d	3,75 (0,23) d	32,70 (3,94) c
Valente	42,11 (3,07) b	21,65 (5,87) b	97,13 (27,15) b	4,49 (0,24) b	21,64 (4,28) g
Estilo	43,17 (3,24) a	20,08 (3,47) c	91,21 (10,14) b	4,58 (0,46) b	26,95 (3,32) e
RP-1	40,78 (4,57) c	21,19 (6,55) b	91,33 (19,3) b	4,46 (0,61) b	26,29 (3,33) e
Esplendor	41,44 (3,42) c	21,63 (4,92) b	114,7(29,45) a	5,26 (0,32) a	21,15 (1,61) g
Cometa	40,83 (3,82) c	17,87 (3,33) c	73,49 (9,21) c	4,16 (0,66) c	24,21 (2,36) f
Supremo	39,44 (3,41) d	19,97 (6,84) c	96,70 (17,98) b	5,09 (0,85) a	21,84 (3,56) g
Rio Tibagi	41,89 (3,05) b	25,80 (5,04) a	123,7(14,67) a	4,84 (0,46) a	18,32 (3,8) h
Madreperola	39,22 (2,38) d	18,22 (5,02) c	83,78 (10,61) c	4,86 (1,04) a	25,32 (1,79) f
Talismã	38,89 (3,56) d	24,53 (7,35) a	108,9(25,96) a	4,53 (0,47) b	25,28 (2,8) f
Jalo-EE558	38,33 (2,13) e	16,30 (3,17) d	65,08 (12,42) d	4,03 (0,39) c	38,12 (5,56) b
União	39,56 (2,42) d	14,57 (1,95) d	55,29 (6,57) d	3,81 (0,26) d	39,08 (4,81) b
Perola	41,22 (3,37) c	18,20 (3,72) c	74,41 (14,99) c	4,20 (0,71) c	26,71 (2,92) e
Ouro Negro	38,67 (2,68) e	21,35 (2,85) b	98,98 (17,33) b	4,63 (0,29) b	23,87 (3,93) f
Carioca comum	41,33 (2,92) c	19,11 (3,46) c	87,18 (11,94) b	4,59 (0,7) b	24,60 (2,12) f
VR-16	37,72 (1,31) f	17,49 (3,31) d	81,84 (13,49) c	4,68 (0,64) b	22,05 (2,5) g
Flor de Mayo	41,33 (1,68) c	19,49 (2,89) c	80,69 (13,51) c	4,13 (0,13) c	27,64 (4,76) e
Small White	41,61 (2,55) c	22,30 (4,97) b	92,12 (23,03) b	4,00 (0,45) c	12,66 (1,06) i

Médias seguidas pela mesma letra, em cada caráter, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de probabilidade.

ARTIGO 2

**CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES RELACIONADOS AO
HÁBITO DE CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO NO SUL DE MINAS
GERAIS**

RESUMO

Objetivou-se avaliar cultivares com diferentes hábitos de crescimento nas principais épocas de semeadura no sul de Minas Gerais, com a finalidade de se mensurar a correlação entre os caracteres morfoagronômicos componentes do hábito de crescimento do feijoeiro. Os experimentos foram realizados em 6 safras nos anos de 2012 e 2013, em blocos casualizados, com três repetições. Os ensaios foram compostos por 20 genótipos pertencentes aos quatro diferentes tipos de hábito de crescimento. Foram obtidos dados de dias para 50% de plantas da parcela com flores (PPF), comprimento da haste principal (CHP), altura da inserção da primeira vagem (IPV), número de nós da haste principal (NHP), comprimento médio dos internódios (CMI), número de ramificações secundárias (NRS), número de vagens por planta (NVP), número médio de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), diâmetro do caule (DC), massa de 100 grãos (MCG), a razão entre o comprimento e a largura do folíolo principal (RFP) e a nota de porte. As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genética e ambiental foram calculadas separadamente em dois grupos de ambientes. Em um se utilizou informações das duas safras das águas e no outro se utilizou informações das quatro safras (duas da seca e duas de inverno). Também foram obtidas estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre ambientes (safras). Os caracteres IPV, NRS, NVP e NGV tiveram expressões inconsistentes nas diferentes safras e por isso, a seleção dos mesmos certamente será mais efetiva de forma indireta, por meio de outros caracteres de expressão mais consistente nas diferentes safras. Os caracteres mais importantes para o hábito de crescimento nas safras das águas foram o comprimento da haste principal, o número de nós da haste principal, o comprimento médio dos internódios e o diâmetro do caule, assim quanto maior a nota (melhor porte) menor a altura da planta, o número de nós na haste principal, o comprimento médio dos internódios e maior o diâmetro do caule. Os caracteres mais importantes para o hábito de crescimento nas safras da seca/inverno foram o comprimento da haste principal e o diâmetro do caule. Nas safras das águas há maior influência proporcional do efeito genético na expressão dos caracteres. Enquanto na seca/inverno há maior influência ambiental na inibição do desenvolvimento vegetativo. É mais apropriado avaliar as plantas em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetativo potencial.

Palavras-chave: Caule. Comprimento. Diâmetro. Haste. *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The aim was to evaluate cultivars with different growth habits during the main planting seasons (water, dry and winter) in southern Minas Gerais, in order to identify correlations between the main morpho-agronomic traits. The experiments were performed in six seasons during the years 2012 and 2013 in a randomized complete block design with 3 replications. Assays were composed of 20 genotypes of four different growth habits. Data from days to 50% of plants with flowers, main stem length, height of the first pod, number of nodes on the main stem, average length of internodes, number of secondary branches, number of pods per plant, average number of seeds per pod, number of seeds per plant, stem diameter, 100 seed weight, the ratio between the length and the width of the central leaflet and scale grade for growth habit were obtained. Estimates of phenotypic, genotypic and environmental correlation coefficients were calculated separately. First, it was used two water seasons and the other was used information from four seasons (two dry and two winter). Estimates of the phenotypic correlation between environments (seasons) were also obtained. The HFP, NSB, NPP and NSP presented inconsistent expressions in different seasons and therefore, the selection of these will certainly be more effective indirectly through other characters that are correlated had expression that were more consistent in different seasons. Most important characters to the growth habit for the water seasons were the length of the main stem, number of nodes on the main stem, the average internode length and stem diameter, so the higher the rating (best size) less plant height, number of nodes on the main stem, the average length of internodes and larger stem diameter. Most important characters to the growth habit for the seasons dry/winter were the length of the main stem and stem diameter. In the water seasons, there is a greater proportional influence of genetic effects on the expression of the characters. During the dry/winter there are greater environmental influence on inhibition of vegetative growth. It is more appropriate to assess the plants in favorable conditions for the potential vegetative growth.

Keywords: Stem, Length, Diameter, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUÇÃO

Phaseolus vulgaris L. é a espécie mais conhecida e estudada do gênero. De origem americana foi introduzida na Europa no século XVI pelos Espanhóis e Portugueses e posteriormente disseminada para diversas regiões do planeta (Vieira, 1967).

O feijoeiro apresenta variações em muitas de suas características, tais como o hábito de crescimento, a fenologia e o tipo de grão (Campos et al., 2011). Os diferentes hábitos de crescimento são classificados quanto ao número de nós, grau e tipo de ramificação, comprimento dos internódios, capacidade trepadora e hábito de florescimento de natureza determinada ou indeterminada (Debouck e Hidalgo, 1985). Geralmente, os hábitos de crescimento são classificados em quatro grupos, sendo Tipo I, de hábito determinado arbustivo; Tipo II, de hábito indeterminado arbustivo; Tipo III, de hábito indeterminado prostrado e Tipo IV, de hábito indeterminado trepador (Nassar et al., 2010).

Esses hábitos de crescimento são mais difíceis de serem utilizados na avaliação de cultivares ou linhagens, especialmente no melhoramento, quando se dispõe de grande número de genótipos. Para simplificar a avaliação e a seleção de progênies com porte ereto, uma escala descritiva foi proposta por Collicchio et al. (1997), a qual varia de 1 (planta ereta) a 9 (planta prostrada). No entanto, nessa avaliação os fenótipos dos vários caracteres morfoagronômicos relacionados ao hábito são considerados e principalmente, é importante se ter ideia da associação entre eles. Assim, nos programas de melhoramento o conhecimento da correlação genética entre caracteres é de grande importância, principalmente quando o objetivo é a seleção simultânea de caracteres.

Quando a seleção é aplicada em um caráter de alta herdabilidade, o qual apresenta alta correlação com outro caráter de interesse, pode-se obter maior ganho do que quando se utiliza somente a seleção direta (Marchioro et al., 2003). Moura et al. (2013), ao investigarem o potencial de caracteres para a avaliação do porte do feijoeiro, relataram correlações fenotípicas e genéticas superiores a 0,65 entre a nota de porte e o

ângulo de inserção de ramos, altura da planta na colheita e diâmetros do hipocótilo e epicótilo. Esses autores também constataram que plantas eretas, geralmente, eram mais altas e tardias e apresentaram maior diâmetro do hipocótilo, internódios mais curtos e maior altura de inserção da primeira vagem. Diversos relatos demonstram a presença de correlações entre os caracteres relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro (Tar'an et al., 2002; Checa e Blair, 2008; Zilio et al., 2013; Moura et al., 2013; Singh et al., 2014), sendo o diferencial da presente pesquisa a investigação em várias safras, o que permite melhor estimativa desses parâmetros.

Tradicionalmente, a estimativa das correlações genéticas e fenotípicas se faz pela adoção de técnicas multivariadas de análise de variância. Entretanto, análises multivariadas (múltiplos caracteres) de modelos mistos baseados na máxima verossimilhança restrita (REML) tem sido o procedimento padrão para esse propósito, principalmente em decorrência de sua flexibilidade em lidar com experimentos desbalanceados e delineamentos complexos (Piepho e Möhring, 2011). Holland (2006) forneceu uma exposição útil sobre os princípios básicos da estimativa pela REML e disponibilizou várias macros baseadas no PROC MIXED do SAS. Um dos propósitos da macro consiste em possibilitar a estimativa dos erros padrões associados às correlações genéticas e fenotípicas.

O conhecimento da correlação entre os caracteres que compõem o hábito de crescimento do feijoeiro é de suma importância, pois alguns caracteres são de difícil avaliação. Sendo assim, a identificação de algum caráter de fácil avaliação e altamente correlacionado com o hábito de crescimento é desejável. Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar cultivares/linhagens com diferentes hábitos de crescimento, nas principais épocas de plantio no sul de Minas Gerais, no intuito de entender as relações entre os caracteres morfoagronômicos relacionados ao hábito de crescimento do feijoeiro por meio de suas correlações.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e material genético

A pesquisa foi conduzida na área experimental da Universidade Federal de Lavras, Lavras, região sul de Minas Gerais, a 918 metros de altitude em 21°14' de latitude Sul e em 45°59' de longitude Oeste.

O material genético foi provido pelo Banco Ativo de Germoplasma de *Phaseolus vulgaris* L. pertencente à Universidade Federal de Lavras (Tabela 1). O material para avaliação foi composto por vinte cultivares/linhagens que se agrupam de acordo com tipo de hábito de crescimento sugerido por Debouck (1991).

Tabela 1 Nome das cultivares/linhagens, descrição quanto ao hábito de crescimento, grupo comercial e procedência de 20 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Lavras

Cultivar/ Linhagem	Hábito de crescimento	Grupo Comercial	Procedência
Esal 693	I	Carioca	UFLA
BRS- Radiante	I	Manteiga	Embrapa
Eriparsa	I	Manteiga	Epamig
BRS- Valente	II	Preto	Embrapa
BRS-Estilo	II	Carioca	Embrapa
RP-1	II	Carioca	UFLA
BRS- Esplendor	II	Preto	Embrapa
BRS-Cometa	II	Carioca	Embrapa
BRS-Supremo	II	Preto	Embrapa
Rio Tibagi	II	Preto	
BRSMG- Madreperola	III	Carioca	UFV/ UFLA/ Embrapa/ Epamig
BRSMG-Talismã	III	Carioca	UFV/ UFLA/ Embrapa/ Epamig
Jalo-EEP558	III	Manteiga	Estação Experimental Patos
BRSMG-União	III	Manteiga	UFV/ UFLA/ Embrapa/ Epamig
Perola	III	Carioca	Embrapa
Ouro Negro	III	Preto	UFV/ Epamig
Carioca comum	III	Carioca	IAC
VR-16	III	Rosinha	UFV
Flor de Mayo	IV	Outros	
Small White	IV	Branco	

Condução, avaliação e análise dos experimentos

Os experimentos foram realizados em três safras anuais ('águas', 'seca' e outono-inverno) e durante dois anos consecutivos (2012 e 2013). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com três repetições. Cada parcela foi composta por três linhas de dois metros cada, com espaçamento de 0,5m entre linhas e densidade de plantio de 20 sementes por metro linear, sendo 0,2m entre covas. Após a emergência foi efetuado o desbaste, preservando-se duas plantas por cova. Considerou-se a linha central da parcela como área útil para a coleta dos dados, na qual se avaliou 10 plantas competitivas. Realizou-se adubação na semeadura, com 300 kg/ha da fórmula 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), com posterior aplicação de 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura aproximadamente vinte dias após a emergência. A irrigação foi realizada por aspersão sempre que necessário, principalmente nas fases iniciais de germinação e nas safras da seca e inverno.

A avaliação das cultivares/linhagens foi realizada com base nos caracteres: número médio de dias para o início da floração (50% da parcela com pelo menos uma flor aberta) (PPF); comprimento da haste principal (cm) (CHP); altura da inserção da primeira vagem (cm) (IPV); número de nós da haste principal (NHP); comprimento médio dos internódios (cm) (CMI), dado pela razão entre o comprimento da haste principal e o número de nós; número de ramificações secundárias (NRS); número médio de vagens por planta (NVP); número médio de grãos por vagem (NGV); número médio de grãos por planta (NGP); diâmetro médio do caule (cm) (DC); massa de 100 grãos (gramas) (MCG); razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF); nota de porte modificada da escala de Collicchio et al. (1997), invertendo-se as notas. O número de dias até o florescimento compreendeu o período da emergência até o florescimento de 50% das plantas da parcela. Com relação ao porte, as plantas foram avaliadas em momento próximo à colheita, utilizando-se escala de nota de 1 a 9, sendo a nota 1 atribuída às plantas com hábito de crescimento tipo IV, plantas prostradas e acamadas. Atribuiu-se a nota 9 às plantas eretas. A altura da

planta correspondeu ao comprimento da haste principal e foi fornecida pela distância entre a base do caule e o meristema apical. O diâmetro do caule foi medido a cerca de 5 cm da base do caule, esse caráter não foi mensurado na safra da seca de 2012. As avaliações ocorreram no final do ciclo da cultura.

As correlações foram calculadas separadamente em dois grupos de ambientes. Em um se utilizou informações das duas safras das águas e no outro se utilizou informações das quatro safras (duas da seca e duas de inverno). O critério para essa separação partiu das análises prévias das correlações fenotípicas entre as safras para um mesmo caráter. Observou-se que o comportamento dos caracteres nas safras das águas foi mais divergente em relação às outras safras.

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental, entre os pares de caracteres, foram obtidas conforme descrito por Holland (2006) e por Piepho e Möhring (2011), por uso do PROC MIXED do software SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM). As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre ambientes (safra) foram obtidas conforme descrito por Cruz et al. (2004). Com a finalidade de se testar a significância do coeficiente de correlação fenotípica utilizou-se o teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos preceitos para se estimar as correlações entre os caracteres é que haja variabilidade dos caracteres nos genótipos avaliados. Assim, em estudo preliminar, em todas as safras, o efeito da fonte de variação tratamentos foi significativa ($P < 0,05$) para a maioria dos caracteres, exceto para a altura de inserção da primeira vagem e para o número de ramificações secundárias, na safra da seca do ano de 2012. Para a fonte de variação ano, a maioria dos caracteres apresentou efeito significativo, em nível de 5% de probabilidade, excetuando-se o comprimento da haste principal e o número de grãos por vagem. O efeito de safra também foi significativo ($P < 0,05$) para grande parte

dos caracteres avaliados, exceto para a nota de porte e a altura de inserção da primeira vagem.

A interação entre tratamentos e safra foi significativa ($P < 0,05$) para os seguintes caracteres 50% de plantas com flor, comprimento da haste principal, número de vagens, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos. A nota de porte e o diâmetro do caule, importantes para a avaliação fenotípica na seleção de progênies, mostraram-se estáveis, não apresentando mudança de ranqueamento das cultivares nas diferentes safras avaliadas. Nenhum caráter apresentou interação entre tratamentos e ano significativa em nível de 5% de probabilidade. A interação entre Ano e Safra só não foi significativa para a nota de porte, para o número de vagens e para o diâmetro do caule. Quando avaliadas as interações triplas Ano x Safra x Tratamentos observou-se que não foram significativas para o diâmetro do caule, o número de vagens por planta, o número de grãos por planta, o número de grãos por vagem e para o diâmetro do caule, o que demonstrou a maior estabilidade desses caracteres em diferentes safras e anos.

O feijoeiro-comum é cultivado em três safras, durante o ano todo, em praticamente todo o Brasil e, portanto, sujeito as mais distintas condições ambientais. Em decorrência dessa diversidade são necessários ensaios em vários ambientes, para que se tenha boa estimativa da correlação genética entre os caracteres.

As correlações fenotípicas entre as safras avaliadas estão representadas nas tabelas 2 e 3. Os caracteres que apresentaram maiores e significativas correlações médias foram nota de porte (0,87), comprimento da haste principal (0,84), número de nós da haste principal (0,8), diâmetro do caule (0,71), comprimento médio dos internódios (0,71), 50% de plantas com flor (0,67) e massa de 100 grãos (0,64). A altura de inserção da primeira vagem, o número de ramificações secundárias, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram inconsistentes entre as safras avaliadas, sendo a maioria das correlações não significativa e de média a baixa magnitude.

Tabela 2 Correlações fenotípicas entre safras para cada caráter vegetativo

Safras	PORTE	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	CLF	DC
1x2	0,92 **	0,95 **	0,28 ns	0,93 **	0,76 **	0,06 ns	0,77 **	
1x3	0,89 **	0,79 **	0,2 ns	0,68 **	0,62 **	0,3 ns	0,54 *	
1x4	0,89 **	0,89 **	0,64 **	0,86 **	0,73 **	0,1 ns	0,67 **	
1x5	0,87 **	0,89 **	0,56 *	0,75 **	0,87 **	0,62 **	0,85 **	
1x6	0,9 **	0,69 **	0,1 ns	0,78 **	0,44 ns	0,34 ns	0,39 ns	
2x3	0,85 **	0,8 **	0,09 ns	0,77 **	0,76 **	0,15 ns	0,41 ns	0,79 **
2x4	0,9 **	0,9 **	0,07 ns	0,91 **	0,87 **	0,22 ns	0,76 **	0,71 **
2x5	0,94 **	0,94 **	0,35 ns	0,79 **	0,88 **	0,21 ns	0,88 **	0,86 **
2x6	0,91 **	0,72 **	-0,08 ns	0,82 **	0,54 *	0,07 ns	0,59 **	0,75 **
3x4	0,84 **	0,83 **	0,45 *	0,78 **	0,81 **	0,51 *	0,35 ns	0,54 *
3x5	0,72 **	0,78 **	0,39 ns	0,77 **	0,72 **	0,43 ns	0,47 *	0,83 **
3x6	0,88 **	0,87 **	0,15 ns	0,8 **	0,62 **	0,57 *	0,09 ns	0,65 **
4x5	0,82 **	0,86 **	0,75 **	0,74 **	0,82 **	0,53 *	0,72 **	0,59 **
4x6	0,88 **	0,82 **	-0,03 ns	0,82 **	0,7 **	0,46 *	0,63 **	0,64 **
5x6	0,86 **	0,79 **	-0,18 ns	0,81 **	0,54 *	0,53 *	0,61 **	0,75 **
Média	0,87	0,84	0,33	0,8	0,71	0,34	0,58	0,71

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste t.

Safras: Seca-2012 (1), Inverno-2012 (2), Águas-2012 (3), Seca-2013 (4), Inverno-2013 (5), Águas-2013 (6).

A nota de porte apresentou alta correlação entre as safras, variando de 0,94 entre as safras de inverno de 2012 e de 2013 a 0,72 entre a safra das águas de 2012 e inverno/2013. As correlações do comprimento da haste principal variaram de 0,95 (seca/2012 e inverno/2012) a 0,72 (inverno/2012 e águas/2013). O diâmetro do caule variou de 0,86 (inverno/2012/2013) a 0,54 (águas/2012 e seca/2013).

Todas as correlações dos 13 caracteres avaliados entre as safras da seca de 2013 e de inverno de 2013 foram significativas e de média a alta magnitude. Esse evento ocorreu somente entre essas duas safras. Em geral, as safras das águas foram menos correlacionadas com as demais, havendo menor número de correlações significativas.

Tabela 3 Correlações fenotípicas entre safras para cada caráter reprodutivo

Safra	PPF	NVP	NGP	NGV	MCG
1x2	0,93 **	0,63 **	0,75 **	0,74 **	0,07 ns
1x3	0,46 *	0,29 ns	0,55 *	0,25 ns	0,18 ns
1x4	0,69 **	0,59 **	0,64 **	0,64 **	-0,13 ns
1x5	0,94 **	0,52 *	0,7 **	0,65 **	0,08 ns
1x6	0,46 *	0,29 ns	0,55 *	0,25 ns	0,18 ns
2x3	0,48 *	0,02 ns	0,34 ns	0,28 ns	0,87 **
2x4	0,72 **	0,63 **	0,67 **	0,54 *	0,95 **
2x5	0,97 **	0,58 *	0,6 **	0,74 **	0,93 **
2x6	0,48 *	0,02 ns	0,34 ns	0,28 ns	0,87 **
3x4	0,63 **	0,09 ns	0,33 ns	0,23 ns	0,87 **
3x5	0,49 *	0,22 ns	0,52 *	0,37 ns	0,9 **
3x6	0,95 **	0,89 **	0,93 **	0,95 **	0,93 **
4x5	0,73 **	0,47 *	0,71 **	0,67 **	0,93 **
4x6	0,63 **	0,09 ns	0,38 ns	0,23 ns	0,87 **
5x6	0,49 *	0,22 ns	0,52 *	0,37 ns	0,89 **
Média	0,67	0,37	0,57	0,48	0,64

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste t.

Safras: Seca-2012 (1), Inverno-2012 (2), Águas-2012 (3), Seca-2013 (4), Inverno-2013 (5), Águas-2013 (6).

Variáveis: 50% de plantas com flores (PPF), Número de vagens (NVP), Número de grãos por vagem (NGV), Número de grãos por planta (NGP), Massa de 100 grãos (MCG).

No melhoramento de plantas, além de se avaliar um caráter principal, almeja-se também manter ou melhorar a expressão de outros caracteres. Sendo assim, a investigação das correlações entre caracteres é muito importante para a seleção de cultivares e para o conhecimento dos caracteres correlacionados ao porte do feijoeiro (Lopes et al., 2001). No aspecto geral, as relações existentes entre os caracteres são avaliadas por correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente (Falconer e Mackay, 1996). Quando dois caracteres apresentam correlações genéticas favoráveis é possível se obter ganho para um deles por meio da seleção indireta no outro caráter associado. Pode-se, assim, proporcionar, em alguns casos, progressos mais rápidos do que a seleção direta de um caráter desejado

(Cruz et al., 2004). Como os programas de melhoramento visam obter cultivares superiores para um conjunto de caracteres é de fundamental importância se conhecer a natureza e a magnitude das correlações entre esses caracteres.

As estimativas das correlações genéticas e fenotípicas apresentaram o mesmo sinal e por isso indicaram que mecanismos fisiológicos semelhantes atuam na determinação dos caracteres envolvidos (Cruz et al., 2004) (Tabelas 4, 5 e 6). As correlações genéticas foram, de forma geral, superiores às ambientais e às fenotípicas, o que demonstrou maior contribuição dos fatores genéticos na associação dos caracteres. Esse fato já foi relatado na literatura para a estimativa das correlações dos componentes do hábito de crescimento do feijoeiro (Tar'an et al., 2002; Checa e Blair, 2008; Zilio et al., 2013; Moura et al., 2013; Singh et al., 2014).

Os erros padrões, associados às correlações genéticas e fenotípicas, demonstram a significância das estimativas quando esses apresentam valores inferiores a 50% dos valores estimados das correlações (Ramalho et al., 2005). Nas tabelas 4 e 5 os erros associados às correlações somente foram apresentados quando houve significância.

Tabela 4 Correlações genéticas e seus respectivos erros padrões entre 13 caracteres avaliados em 20 genótipos pertencentes aos diferentes tipos de hábito de crescimento. Acima da diagonal para as safras das águas 2012/2013 e abaixo para as safras de inverno e seca 2012/2013

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Diâmetro do caule (DC). Razão

	Notas	PPF	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	NVP	NGP	NGV	RCF	MCG	DC
Notas		-0,62 (0,15)	-0,89 (0,05)	-0,5 (0,25)	-0,79 (0,09)	-0,65 (0,16)	-0,43 (0,22)	0,54 (0,18)	0,42 (0,21)	-0,09	0,52 (0,23)	0,59 (0,16)	0,74 (0,13)
PPF	0,13		0,71 (0,12)	0,68 (0,19)	0,88 (0,06)	0,28	0,28	-0,2	-0,05	0,25	-0,28	-0,66 (0,13)	-0,09
CHP	-0,65 (0,14)	0,2		0,84 (0,17)	0,86 (0,07)	0,82 (0,09)	0,28	-0,49 (0,19)	-0,29	0,31	-0,55 (0,22)	-0,58 (0,16)	-0,43 (0,2)
IPV	0,58 (0,19)	-0,47 (0,23)	-0,36		0,7 (0,21)	0,75 (0,19)	-0,19	-0,77 (0,19)	-0,54 (0,25)	0,25	-0,12	0,01	-0,01
NHP	-0,42 (0,2)	0,76 (0,12)	0,64 (0,14)	-0,83 (0,14)		0,42 (0,22)	0,37 (0,23)	-0,19	-0,08	0,19	-0,52 (0,23)	-0,72 (0,12)	-0,25
CMI	-0,47 (0,19)	-0,44 (0,2)	0,71 (0,12)	0,29	-0,11		0,05	-0,62 (0,17)	-0,35 (0,23)	0,38 (0,24)	-0,4 (0,27)	-0,22	0,35 (0,23)
NRS	0,03	0,19	-0,57 (0,24)	0,01	-0,06	-0,67 (0,21)		0,23	0,14	0,05	0,22	-0,39 (0,22)	-0,36 (0,24)
NVP	-0,55 (0,19)	0,31 (0,24)	0,18	-0,84 (0,14)	0,61 (0,18)	-0,33	0,32		0,86 (0,07)	0,05	0,13	-0,06	0,55 (0,19)
NGP	-0,24	0,55 (0,19)	0,23	-0,83 (0,14)	0,76 (0,12)	-0,42 (0,21)	0,26	0,88		0,54 (0,19)	-0,15	-0,26	0,68 (0,55)
NGV	0,22	0,61 (0,17)	0,26	-0,48 (0,24)	0,66 (0,16)	-0,32	0,04	0,31	0,71 (0,14)		-0,49 (0,27)	-0,39 (0,21)	0,39 (0,23)
RCF	-0,04	-0,32 (0,22)	-0,39 (0,2)	0,4 (0,24)	-0,45 (0,2)	-0,08	0,59 (0,25)	-0,16	-0,39	-0,54 (0,19)		0,56 (0,22)	0,02
MCG	0,21	-0,58 (0,17)	-0,15	0,92 (0,09)	-0,72 (0,12)	0,47 (0,19)	-0,44 (0,26)	-0,78 (0,12)	-0,91 (0,06)	-0,69 (0,13)	0,257		0,05
DC	0,87 (0,08)	0,66 (0,16)	-0,44 (0,2)	0,15	0,05	-0,67 (0,16)	0,09	-0,31	0,05	0,44 (0,22)	-0,31	-0,164	

entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de cem grãos (MCG)

Tabela 5 Correlações fenotípicas e seus respectivos erros padrões entre 13 caracteres avaliados em 20 genótipos pertencentes aos diferentes tipos de hábito de crescimento. Acima da diagonal para as safras das águas 2012/2013 e abaixo para as safras de inverno e seca 2012/2013

	Notas	PPF	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	NVP	NGP	NGV	RCF	MCG	DC
Notas		-0,52 (0,14)	-0,75 (0,07)	-0,13	-0,66 (0,09)	-0,43 (0,13)	-0,26 (0,14)	0,38 (0,14)	0,31 (0,15)	-0,02	0,3 (0,11)	0,48 (0,14)	0,48 (0,12)
PPF	0,12		0,61 (0,12)	0,29 (0,11)	0,72 (0,08)	0,2	0,18	-0,16	-0,05	0,14	-0,14	-0,63 (0,12)	-0,09
CHP	-0,51 (0,12)	0,17		0,27 (0,11)	0,76 (0,07)	0,73 (0,07)	0,14	-0,34 (0,15)	-0,19	0,16	-0,31 (0,11)	-0,49 (0,14)	-0,33 (0,15)
IPV	0,25 (0,09)	-0,16 (0,1)	-0,12		0,14	0,29 (0,11)	-0,19 (0,11)	-0,27 (0,11)	-0,18 (0,11)	0,05	0,06	0,01	0,11
NHP	-0,28 (0,15)	0,5 (0,11)	0,52 (0,12)	-0,27 (0,09)		0,13	0,19	-0,11	-0,5	0,08	-0,22 (0,12)	-0,59 (0,12)	-0,11
CMI	-0,34 (0,15)	-0,23 (0,16)	0,56 (0,11)	0,12	-0,13		0,04	-0,35 (0,13)	-0,18	0,16	-0,21 (0,11)	-0,17	-0,29 (0,13)
NRS	0,04	0,1	-0,14 (0,09)	0,001	0,06	-0,22 (0,08)		0,15	0,07	-0,07	0,14	-0,27 (0,15)	-0,09
NVP	-0,25 (0,11)	0,16 (0,12)	0,14	-0,25 (0,08)	0,32 (0,1)	-0,12	0,17		0,84 (0,04)	0,09	0,02	0,11	0,34 (0,13)
NGP	-0,11	0,25 (0,11)	0,15	-0,24 (0,08)	0,39 (0,09)	-0,17 (0,12)	0,12	0,5		0,6 (0,09)	-0,07	-0,27 (0,16)	0,4
NGV	0,12	0,28 (0,13)	0,14	-0,13 (0,09)	0,34 (0,12)	-0,17	-0,05	0,06	0,34 (0,09)		-0,18 (0,11)	0,33 (0,14)	0,22 (0,13)
RCF	0,001	-0,17 (0,14)	-0,25 (0,14)	0,19 (0,09)	-0,28 (0,13)	-0,01	0,13 (0,08)	-0,12	-0,002	-0,23 (0,12)		0,26 (0,12)	0,02
MCG	0,16	-0,41 (0,15)	-0,13	0,40 (0,09)	-0,54 (0,11)	0,36 (0,15)	-0,12 (0,09)	-0,39 (0,1)	-0,5 (0,08)	-0,47 (0,11)	0,1657		0,02
DC	0,48 (0,1)	0,38 (0,12)	-0,2 (0,15)	0,08	0,11	-0,31 (0,13)	0,09	0,02	0,001	0,16 (0,12)	-0,22	-0,107	

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de cem grãos (MCG)

Tabela 6 Correlações ambientais entre 13 caracteres avaliados em 20 genótipos pertencentes aos diferentes tipos de hábito de crescimento. Acima da diagonal para as safras das águas 2012/2013 e abaixo para as safras de inverno e seca 2012/2013

	Notas	PPF	CHP	IPV	NHP	CMI	NRS	NVP	NGP	NGV	RCF	MCG	DC
Notas		-0,01	-0,19	0,17	-0,22	-0,05	-0,02	-0,01	0,07	0,11	0,19	-0,03	-0,04
PPF	0,5		0,0004	-0,031	-0,06	0,04	-0,01	0,06	0,004	-0,07	-0,04	0,03	-0,19
CHP	-0,71**	0,43*		-0,17	0,42*	0,65 *	-0,08	0,08	0,02	-0,06	-0,16	-0,1	-0,13
IPV	0,54*	0,2	0,49*		-0,32	0,06	-0,2	0,04	0,007	-0,03	0,11	0,03	-0,19
NHP	0,24	-0,04	0,89**	0,45*		-0,39	-0,08	0,09	0,02	-0,06	0,001	-0,03	0,18
CMI	-0,23	0,66**	0,85**	0,06	-0,52		0,03	0,05	0,03	-0,03	-0,11	-0,1	-0,22
NRS	0,7**	0,39	0,66**	-0,02	0,66**	-0,21		0,07	0,01	-0,09	0,1	-0,06	0,19
NVP	0,39*	0,18	0,89**	-0,45*	0,59**	0,36	0,69**		0,81**	-0,15	-0,04	-0,29	0,01
NGP	0,43*	0,15	0,77**	0,75**	0,36	0,77**	0,77**	0,26		0,68**	-0,03	-0,4	0,01
NGV	-0,14	-0,48*	-0,23	0,17	-0,1	0,05	-0,59**	-0,69**	0,79**		-0,4	-0,35	0,06
RCF	0,95**	0,35	-0,14	0,88**	-0,34	0,72**	-0,5	-0,88**	-0,001	0,51*		0,02	0,03
MCG	-0,22	0,44*	-0,1	0,22	-0,35	0,17	0,35	0,17	0,003	-0,94**	-0,14		-0,03
DC	-0,85**	-0,1	0,86**	0,53*	0,97**	0,68**	0,78**	0,87**	0,005	-0,48*	-0,89**	-0,066	

** : Significativo a 1% pelo teste de t

Variáveis: Comprimento da haste principal (CHP). Altura de inserção da primeira vagem (IPV). Número de nós da haste principal (NHP). Comprimento médio dos internódios (CMI). Número de ramificações secundárias (NRS). Diâmetro do caule (DC). Razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF). 50% da parcela com pelo menos uma flor aberta (PPF). Número de vagens por planta (NVP). Número de grãos por planta (NGP). Número de grãos por vagem (NGV). Massa de cem grãos (MCG)

A nota de porte apresentou correlação genética significativa com a maioria dos caracteres avaliados, exceto para o número de grãos por vagem, nas safras das águas. Esse caráter apresentou maior correlação com o comprimento da haste principal (-0,89), seguido pelo número de nós da haste principal (-0,79), pelo diâmetro do caule (0,74) e pelo comprimento médio dos internódios (-0,65). Os erros associados a essas estimativas foram de baixa magnitude e os resultados demonstraram que quanto maior a nota (melhor porte) menor a altura da planta (dado pelo CHP), o número de nós na haste principal, o comprimento médio dos internódios e maior o diâmetro do caule. Nas outras safras as correlações genéticas foram significativas para o comprimento da haste principal (-0,65), a altura de inserção da primeira vagem (0,58), o número de nós da haste principal (-0,42), o comprimento médio dos internódios (-0,47), o diâmetro do caule (0,87) e o número de vagens (-0,55). O diâmetro do caule apresentou correlação com a nota de porte maior nas safras de inverno. Moura et al. (2013) também observaram correlações genéticas de alta magnitude entre a nota de porte e a altura da planta (-0,83) e o diâmetro do caule (0,81), em safras de inverno.

A identificação de caracteres que apresentam alta correlação genética com a nota de porte é importante para a seleção indireta de plantas mais eretas. Nesse contexto, os caracteres diâmetro do caule e comprimento da haste principal, os quais apresentaram alta correlação nas duas estimativas, apresentaram potencial para serem utilizados na seleção indireta de plantas para a nota de porte. Ou inversamente, ao se selecionar com base na nota de porte, que é mais fácil de ser avaliada, pode-se prever alterações principalmente no diâmetro do caule e no comprimento da haste principal.

Nas safras das águas o caráter número de dias para 50% de plantas com flor foi correlacionado à nota de porte (-0,62), ao comprimento da haste principal (0,71), à altura de inserção da primeira vagem (0,68), ao número de

nós da haste principal (0,88) e à massa de 100 grãos (-0,66), o que indica que cultivares mais precoces possuem melhor porte, menor comprimento da haste principal, menor número de nós da haste principal e maior massa de 100 grãos, essas características são típicas de plantas pertencentes aos hábitos de crescimento dos tipos I e II. Resultado semelhante foi observado por Cabral et al. (2011) que relataram que plantas com menor número de dias para florescimento apresentaram maior massa de 100 grãos. Nas safras de inverno e da seca o caráter PPF só não se correlacionou à nota de porte, ao comprimento da haste principal e ao número de ramificações secundárias.

Plantas com maior altura de inserção da primeira vagem são desejáveis, pois facilitam a mecanização da colheita e são menos propensas a incidência de doenças (Silva e Bevitori, 1994). A altura de inserção de vagens apresentou correlações genéticas significativas com notas de porte (-0,5), dias para 50% de plantas com flor (0,68), número de nós da haste principal (0,7), comprimento médio dos internódios (0,84), número de vagens (-0,77) e número de grãos por planta (-0,54), para as safras das águas. Para as safras de inverno e seca as correlações foram significativas para quase todos os caracteres, destacando-se a alta correlação com a massa de 100 grãos (0,92), com o número de vagens por planta (-0,84) e com o número de grãos por planta (-0,83). A correlação entre a IPV e a nota de porte foi positiva (0,58) nas safras de inverno e de seca, diferindo-se das safras das águas, ou seja, melhor porte em plantas com maior altura de IPV nas safras de inverno e seca, mesmo resultado encontrado por Moura et al., (2013) em experimentos conduzidos em duas safras de inverno. De forma geral, cultivares com maior altura de inserção da primeira vagem foram mais precoces e apresentaram menor número de grãos por vagens e vagens por planta e maior massa de 100 grãos, características de cultivares pertencentes ao hábito de crescimento do tipo I.

O diâmetro do caule foi correlacionado nas safras das águas, ao comprimento da haste principal (-0,43), ao número de vagens por planta (0,55), ao número de grãos por planta (0,68) e ao número de ramificações secundárias (-0,47). Nas safras da seca e de inverno, o diâmetro do caule foi correlacionado aos dias para 50% de plantas com flor (0,66), ao comprimento da haste principal (-0,44), e comprimento médio dos internódios (-0,67). Plantas com maior diâmetro de caule, de forma geral, apresentaram menor comprimento da haste principal, menos ramificações e foram mais tardias. Moura et al. (2013) após pesquisa do potencial de caracteres para avaliação do porte do feijoeiro relataram que plantas com maior diâmetro de caule foram mais altas e mais tardias e apresentaram internódios mais curtos e maior altura de inserção da primeira vagem. O número de nós na haste principal, nas safras das águas, apresentou correlações de alta magnitude com a nota de porte (-0,79), com os dias para 50% de plantas com flor (0,88), com o comprimento da haste principal (0,86), com a altura de inserção da primeira vagem (0,7) e com a massa de 100 grãos (-0,72). Plantas com maior número de nós na haste principal foram mais prostradas e mais tardias e apresentaram maior altura de inserção de primeira vagem e menor massa de 100 grãos, assemelhando-se às plantas de hábito do tipo IV.

O comprimento da haste principal nas safras das águas se correlacionou com a nota de porte (-0,89), com dias para pelo menos 50% de plantas da parcela com uma flor aberta (0,71), com a altura de inserção da primeira vagem (0,84), com o número de nós da haste principal (0,86) e com o número de vagens por planta (-0,49). Nas safras da seca e de inverno, o comprimento da haste principal se correlacionou com o número de nós na haste principal (0,65), com o número de ramificações secundárias (-0,57) e com o comprimento médio dos internódios (0,71).

Tar'an et al. (2002), após avaliarem em uma população $F_{2:4}$ a correlação entre caracteres morfoagronômicos, observaram que a correlação fenotípica foi

significativa e positiva entre a altura de planta e o número total de nós, o número de ramificações e o diâmetro do hipocótilo. Esses caracteres foram considerados, por esses autores, como componentes do hábito de crescimento do feijoeiro. Singh et al. (2014), após avaliarem a variabilidade, a herdabilidade e a correlação entre caracteres agronômicos de 65 genótipos de feijões com capacidade trepadora, observaram alta correlação genética entre comprimento da haste principal e o número de nós da haste principal (0,603), assim como entre o comprimento da haste e o comprimento dos internódios (0,782).

Checa e Blair (2008), após mapearem QTLs para caracteres ligados à capacidade trepadora e a outros caracteres componentes do hábito de crescimento do feijoeiro, verificaram que as correlações genéticas positivas entre a altura da planta após 45 dias de plantio e o comprimento dos internódios, variaram de 0,71 a 0,95, conforme o ambiente avaliado. A altura da planta medida após 75 dias de plantio apresentou correlações genéticas positivas e altas com o comprimento de internódios (0,68 a 0,99).

O número de ramificações secundárias apresentou correlações genéticas de média magnitude, nas safras das águas, com a nota de porte (-0,43), com o número de nós da haste principal (0,37), com o diâmetro do caule (-0,36) e com a massa de 100 grãos (-0,39). Nas safras da seca e de inverno, o número de ramificações secundárias apresentou correlação com o comprimento da haste principal (-0,57), com o comprimento médio dos internódios (-0,67), com a razão entre comprimento, com a largura do folíolo principal (0,59) e com a massa de 100 grãos (-0,44). Checa e Blair (2008) relataram que o número de ramificações apresentou correlações genéticas positivas variáveis, conforme o ambiente avaliado, de 0,25 a 0,67 para comprimento de internódios, de 0,19 a 0,70 para altura da planta aos 45 dias e de 0,15 a 0,40 para altura da planta medida aos 75 dias.

As folhas do feijoeiro possuem três folíolos de tamanho variável, conforme cada cultivar. Para a sua caracterização botânica são medidos os folíolos centrais em folhas completamente desenvolvidas, desde a base até o ápice, ao longo da nervura central, pela largura da parte mediana do folíolo e perpendicular à nervura central do ponto mais largo. O índice obtido pela razão entre o comprimento e a largura do folíolo central permite agrupar as cultivares em classes de índices baixo, médio ou alto (Antunes et al, 2001). Nesta pesquisa, a razão entre comprimento e a largura do folíolo central apresentou correlações genéticas significativas de média magnitude entre a nota de porte (0,52), o comprimento da haste principal (-0,55), o número de nós da haste principal (-0,52), o comprimento médio dos internódios (-0,4), o número de grãos por vagem (-0,49) e a massa de 100 grãos nas safras das águas (0,56). Nas safras de inverno e de seca, a razão entre comprimento e a largura do folíolo central apresentou correlações genéticas significativas com o comprimento da haste principal (-0,39), com a altura de inserção da primeira vagem (0,4), com o número de nós da haste principal (-0,45), com o número de ramificações secundárias (0,59) e com o número de grãos por vagem (-0,54).

Produtividades elevadas podem ser obtidas quando genótipos com maior estrutura de parte aérea, número de nós, altura de inserção da primeira vagem e, especialmente, maior diâmetro são utilizados (Zilio et al., 2013). Para os caracteres componentes da produção do feijoeiro destacaram-se as seguintes correlações genéticas:

a) nas safras das águas, o número de vagens por planta com nota de porte (0,54), CHP (-0,49), IPV (-0,77), CMI (-0,62), NGP (0,86) e DC (0,55), na seca e no inverno nota de porte (-0,55), IPV (-0,84), NHP (0,61), MCG (-0,78);

b) nas safras das águas, o número de grãos por planta com nota de porte (0,42), IPV (-0,54), NVP (0,86), NGV (0,54) e DC (0,68) e na seca e inverno PPF (0,55), IPV (-0,83), NHP (0,76), NGV (0,71), MCG (-0,91);

c) nas safras das águas, o número de grãos por vagem com NGP (0,54), RCF (-0,49), MCG (-0,39) e DC (0,39) e na seca e inverno PPF (0,61), IPV (-0,48), NHP (0,66), NGP (0,71), RCF (-0,54), MCG (-0,69) e DC (0,44);

d) nas safras das águas, a massa de 100 grãos com nota de porte (0,59), PPF (-0,66), CHP (-0,58), NHP (-0,72), NRS (-0,39), NGV (-0,39), RCF (0,56) e na seca e inverno PPF (-0,58), IPV (0,92), NHP (-0,72), CMI (0,47), NRS (-0,44), NVP (-0,78), NGP (-0,91) e NGV (-0,69).

As estimativas de correlações fornecem ao melhorista estratégias para seleção de caracteres de forma simultânea, portanto antever as associações existentes entre o porte e os componentes da produção de grãos é de suma importância. Como esses caracteres apresentaram correlações ambientais significativas e de alta magnitude para as safras da seca e inverno dá-se ênfase às correlações genéticas das safras das águas. Conclui-se que nas safras das águas, plantas com menores comprimentos da haste central, alturas de inserção da primeira vagem, comprimentos dos internódios e com maiores números de vagens por planta, maiores números de grãos por planta e maiores diâmetros do caule, têm melhor porte. Em outro aspecto, as cultivares com maior número de grãos por planta obtiveram melhor porte, menor altura de inserção de vagens e maiores números de vagens por planta, números de grãos por planta e diâmetros do caule. Geralmente plantas de hábito de crescimento dos tipos I e II são menos produtivas, porém é possível obter plantas com porte ereto e boa produtividade (Collicchio et al., 1997; Gonçalves, 2008).

Maior massa de 100 grãos implicou em melhor porte, precocidade de florescimento, menor comprimento da haste principal e menor número de nós da haste central. Porém, os caracteres IPV, NRS e NGV, que apresentaram expressões mais inconsistentes entre as safras, apresentaram correlações genéticas de maiores magnitudes com vários caracteres componentes do porte e da produção de grãos nas safras de seca e inverno. O tamanho pequeno dos

grãos tem sido associado a plantas de porte ereto, contrário ao constatado na presente pesquisa, porém há a possibilidade de obtenção de plantas eretas que apresentem qualquer tamanho de grãos (Collichio et al., 1997; Cunha et al., 2005). É importante ressaltar que a associação de grãos menores com plantas eretas foi observada nas avaliações das seca/inverno.

A presença de correlações ambientais negativas é indicativa de que o ambiente favorece um caráter em detrimento de outro. Valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (Cruz e Regazzi, 1994). As correlações ambientais, no geral, foram de baixa magnitude e não significativas nas safras das águas. As maiores foram número de nós na haste principal e comprimento da haste principal (0,42), comprimento médio dos internódios e comprimento da haste principal (0,65), número de grãos por planta e número de vagens por planta (0,81), número de grãos por vagem e número de grãos por planta (0,68). O ambiente foi um fator importante na influência na associação dos caracteres nas safras de inverno e seca, para as quais foram observadas correlações ambientais significativas e de alta magnitude especialmente envolvendo o comprimento da haste principal e o número de grãos por planta. No entanto, as correlações genéticas ainda foram mais importantes para a maioria dos caracteres.

Conforme Collichio et al. (1997) a alta umidade, temperaturas elevadas e fertilidade abundante são condições que permitem às plantas maior desenvolvimento vegetativo, o que faz com que até linhagens que se mostraram bem eretas, em algumas condições de cultivo, tornem-se prostradas em outras. Assim nas águas, onde há condições favoráveis para maior expressão dos caracteres vegetativos componentes do hábito de crescimento, há maior influência proporcional do efeito genético. Enquanto na seca/inverno, menor umidade, baixas temperaturas têm maior influência na inibição do desenvolvimento vegetativo assim há maior influência ambiental. Seria,

portanto, mais apropriado avaliar as plantas em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetativo potencial.

CONCLUSÕES

Os caracteres mais importantes para o hábito de crescimento nas safras das águas foram o comprimento da haste principal, o número de nós da haste principal, o comprimento médio dos internódios e o diâmetro do caule. Assim, quanto maior a nota (melhor porte) menor a altura da planta, o número de nós na haste principal, o comprimento médio dos internódios e maior o diâmetro do caule.

Os caracteres mais importantes para o hábito de crescimento nas safras da seca/inverno foram o comprimento da haste principal e o diâmetro do caule.

Nas safras das águas há maior influência proporcional do efeito genético na expressão dos caracteres. Enquanto na seca/inverno há maior influência ambiental na inibição do desenvolvimento vegetativo.

É mais apropriado avaliar as plantas em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetativo potencial.

Os caracteres IPV, NRS, NVP e NGV tiveram expressões inconsistentes nas diferentes safras e por isso, a seleção dos mesmos certamente será mais efetiva de forma indireta, por meio de outros caracteres de expressão mais consistentes, especialmente nas safras da seca e inverno.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, I. F.; RODRIGUES, L. S.; TEIXEIRA, M. G.; MASTRONTONIO, J.J.S.; SILVA, J. F. G.; LOPES, R. AM.; KRAMER, G. C. (2001) Variação no índice comprimento/largura (IRCF) da folha trifoliolada do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE – SIRGEALC, 3, 2001, Londrina. Anais...Londrina: IAPAR, 2001. P. 211-213.

CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; SOARES, Y. J. B.; SILVA, J. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 132-138, 2011.

CAMPOS, T.; OBLESSUC, P.R.; SFORÇA, D.A.; CARDOSO, J.M.K.; BARONI, R.M.; SOUSA, A.C.B.; CARBONELL, S. A. M.; CHIORATTO, A. F.; GARCIA, A. A. F.; RUBIANO, L. B.; SOUZA, A.P. Inheritance of growth habit detected by genetic linkage analysis using microsatellites in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v. 27, n. 4, p. 549-560, 2011.

CHECA, O.E.; BLAIR, M.W. Mapping QTL for climbing ability and component traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v.22, p.201–215, 2008.

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**, v.32, n.3, p.297-304, 1997.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2004. v.1, 480p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**: Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, Cap.3, p.73-101, 1994.

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**, v.5, n.4, p.379-386, 2005.

DEBOUCK, D.; HIDALGO, R. **Morfologia de La planta de frijol comum**. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. Van (eds.). Frijol: investigación y producción. Cali, PNUD, CIAT, 1985. p. 61-78.

DEBOUCK, D. G. **Systematics and morphology**. In: SCHOONHOVEN, A. Van; VOYSEST, O. (Ed.). Common beans: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Londres: Longman, 1996. 463 p.

GONÇALVES, R.J.S. **Estratégias para recomendação de linhagens de feijoeiro avaliadas em diferentes ambientes**. 2008. 65p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

HOLLAND, J.B. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. **Crop Science**, v.46, p.642-654, 2006.

LOPES, A.C.A.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, R.B.Q.; CAMPOS, F.L.; ROCHA, M.M. Variabilidade e correlações entre caracteres agrônômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.515-520, 2001.

MOURA, M.M.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E.S.; CRUZ, C.D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.4, p.417-425, 2013.

NASSAR, R.M.A.; AHMED, Y.M.; BOGHDADY, M. Botanical studies on *Phaseolus vulgaris* L. I-Morphology of Vegetative and Reproductive Growth. **International Journal of Botany**, v.6, p.323-333, 2010.

PIEPHO, H.P.; MOHRING, J. On Estimation of Genotypic Correlations and Their Standard Errors by Multivariate REML using the MIXED Procedure of the SAS System. **Crop Science**, v.51, p.2449-2454, 2011.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. 2 ed. rev. e atual. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 322 p.

SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STATS user's guide**. Version 8. Cary, 2000. 842p.

SILVA, C.C. da; BEVITORI, R. Colheita e beneficiamento de feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.178, p.54-63, 1994.

SINGH, B.K.; DEKA, B.C.; RAMAKRISHNA, Y. Genetic Variability, Heritability and Interrelationships in Pole-Type French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Proceeding of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v.84, p.587-592, 2014.

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

VIEIRA, C. O feijoeiro comum. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural do Estado de Minas Gerais, p. 219, 1967.

ZILIO, M.; SOUZA, C.A.; COELHO, C.M.M.; MIQUELLUTI, D.J.; MICHELS, A.F. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, n.1, p.21-30, 2013.

APÊNDICE B

Rotina para o cálculo das correlações genéticas, fenotípicas e os erros associados às estimativas, adaptado de Holland, 2006.

```

data lucas;
Ano Safra Bloco Plot Geno $    Notas PF    CHP  IPV  NHP
        CMI  NRS  NV   NGP  NGV  RCF  P100G DC;
datalines;
1      1      1      1      1      7      37      61.5  17.3  10.4
        6.54  3.6   18.1      4.13  1.25  38.16  .
1      1      1      2      2      9      34      49.34  24.3  5.9
        10.07 3.7   15   57.1  3.81  1.57  51.24  .
1      1      1      3      3      8      34      45.7   16.6  4.9
        11.72 2.8   15.6  54.1  3.47  1.39  40.42  .
1      1      1      4      4      9      41      76     17.1  11.2
        7.45  3.5   17.5  65.8  3.76  1.68  28.66  .
1      1      1      5      5      7      37      93.2   15.1  14
        7.17  3.9   17.7  87.8  4.96  1.29  27.94  .  23.3
;
procprint;
run;

```

*primeiramente, estimar os componentes de variância para cada caráter separadamente para comparação com as análises multivariadas;

```

%macro varcomp(trait);
proc mixed data = lucas;
class ano safra bloco geno;
model &trait = ano safra(ano) bloco(safra*ano);
random geno geno*ano geno*safra(ano);
run;
%mend;
%varcomp(Notas);
%varcomp(PF);
%varcomp(CHP);
%varcomp(IPV);
%varcomp(NHP);
%varcomp(CMI);
%varcomp(NRS);
%varcomp(NVP);
%varcomp(NGP);
%varcomp(NGV);

```

```

%varcomp(RCF);
%varcomp(P100G);
%varcomp(DC);
%varcomp(Prod);
*reestruturação dos dados para as análises multivariadas reml;
data two; set lucas;
trait = "Notas"; y = notas; output;
trait = "PF"; y = pf; output;
trait = "CHP"; y = chp; output;
trait = "IPV"; y = IPV; output;
trait = "NHP"; y = nnhp; output;
trait = "CMI"; y = cmi; output;
trait = "NRS"; y = nrs; output;
trait = "NVP"; y = nv; output;
trait = "NGP"; y = ngp; output;
trait = "NGV"; y = ngv; output;
trait = "RCF"; y = rRCFc; output;
trait = "P100G"; y = p100g; output;
trait = "DC"; y = dc; output;
drop notas pf chp IPV nnhp cmi nrs nv ngp ngv rRCFc p100g dc;
procprint;
* análise das variáveis aos pares;
%macro corr(trait1, trait2);
data traits; set two; if trait = "&trait1" or trait = "&trait2";
proc mixed asycov data = traits;
class ano safra bloco geno trait;
model y = ano(trait) safra(ano*trait) bloco(ano*safra*trait);
random trait/subject = geno type = un;
random trait/subject = geno*ano(safra) type = un;
safraeated trait/ sub = bloco*geno*trait(ano*safra) type = un;
ods output covparms = estmat; ods output asycov = covmat;
run;
proc iml;
use estmat; read all into e;
use covmat; read all into cov;
* Note que o SAS adiciona uma coluna extra na matriz de covariância que deve
ser removida;
C = cov(|1:nrow(cov), 2:ncol(cov));
* Obtenção dos componentes de variâncias e covariância genéticos e
fenotípicos;
CovG = e(|2,1|);
VG1 = e(|1,1|);

```

```

VG2 = e(3,1);
CovP = CovG + e(5,1) + e(8,1);
VP1 = VG1 + e(4,1) + e(7,1);
VP2 = VG2 + e(6,1) + e(9,1);
CovE=e(5,1);
VE1=e(4,1);
VE2=e(6,1);
* Cria um módulo denominado "correl" que irá estimar as correlações genéticas
e fenotípicas e os erros associados;
start correl(C, CovG, VG1, VG2, CovP, VP1, VP2, CovE, VE1, VE2, RG, RP,
RE, SERG, SERP);
RE = CovE/sqrt(VE1*VE2);
RG = CovG/sqrt(VG1*VG2);
dg = (-1/(2*VG1))/(1/CovG)/(-1/(2*VG2))/0/0/0/0/0/0;
varrg = (RG**2)*dg`*C*dg; serg = sqrt(varrg);
RP = CovP/sqrt(VP1*VP2);
d1p = -1/(2*VP1);
d2p = 1/CovP;
d3p = -1/(2*VP2);
dp= d1p//d2p//d3p//d1p//d2p//d3p//d1p//d2p//d3p;
varrp = (RP**2)*dp`*C*dp; serp = sqrt(varrp);
finish correl;
call correl(C, CovG, VG1, VG2, CovP, VP1, VP2, CovE, VE1, VE2, RG, RP,
RE, SERG, SERP);
print "Genotypic Correlation Between &trait1 and &trait2";
print RG serg;
print "Phenotypic Correlation Between &trait1 and &trait2";
print RP serp;
print "Correlação ambiental entre &trait1 e &trait2";
print RE;
run; quit;
%mend;
%corr(Notas,PF);
%corr(Notas,CHP);
%corr(Notas,IPV);

```

ARTIGO 3

**RELAÇÕES ENTRE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E
HISTOMÉTRICOS DE CULTIVARES DE FEIJÃO**

RESUMO

Objetivou-se avaliar cultivares com diferentes hábitos de crescimento com a finalidade de se identificar alterações nos principais caracteres anatômicos e morfoagronômicos e suas correlações. O experimento foi realizado na safra da seca do ano 2013, em blocos casualizados, com três repetições. Foram utilizados 20 genótipos pertencentes aos quatro diferentes hábitos de crescimento. Os caracteres morfoagronômicos foram: número médio de dias para o início da floração (PPF); comprimento da haste principal (CHP); altura da inserção da primeira vagem (IPV); número de nós da haste principal (NHP); comprimento médio dos internós (CMI), dado pela razão entre o comprimento da haste principal e o número de nós; número de ramificações secundárias (NRS); número médio de vagens por planta (NVP); número médio de grãos por vagem (NGV); número médio de grãos por planta (NGP); diâmetro médio do caule (DC); massa de 100 grãos (gramas) (MCG); razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF) e a nota de porte. Na seção transversal foram realizadas as medidas do diâmetro do feixe vascular do caule (DFC), diâmetro total do caule (DTC), número de xilemas do caule (NXC), espessura do colênquima do caule (ECC), espessura do parênquima cortical do caule (EPCC), comprimento do xilema do caule (CXC), espessura do floema do caule (EFC), diâmetro da epiderme do caule (DEC), comprimento da nervura da folha (CNF), diâmetro da epiderme da folha (DEF), largura do floema da folha (LFF), diâmetro do xilema da folha (DXF), espessura total da folha (ELF), espessura do parênquima paliádico da folha (EPPF), espessura do parênquima lacunoso da folha (EPLF), espessura do colênquima do pecíolo (ECP), espessura do parênquima cortical do pecíolo (EPCP), comprimento do xilema do pecíolo (CXP), largura do xilema do pecíolo (LXP) e o diâmetro da epiderme do pecíolo (DEP). Os dados foram submetidos às análises de variância individual. As médias foram agrupadas pelo método de Scott e Knott. Os genótipos foram agrupados com base na matriz de distância de Mahalanobis dos caracteres anatômicos. Foram obtidas as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental. Os genótipos apresentaram grande variabilidade, demonstrado pela significância em quase totalidade dos caracteres. As diferenças nos caracteres anatômicos não foram capazes de separar os genótipos de acordo com seus tipos de hábito de crescimento. Somente para as médias dos caracteres comprimento da nervura da folha, espessura total da folha e largura do xilema do pecíolo os tipos de hábito foram separados em 4 grupos, sendo que o tipo de hábito I apresentou menor ELF e o tipo IV maior. O agrupamento pelas distâncias de Mahalanobis não formou grupos de acordo com o hábito de crescimento. A nota de porte é altamente correlacionada com o diâmetro total e do câmbio do caule. No geral os caracteres anatômicos não se correlacionaram com os diferentes hábitos de crescimento.

Palavras-chave: Anatomia. Folha. Caule. Pecíolo. *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate cultivars with different growth habits in order to identify changes in anatomical and morphological characters and their correlations. The experiment was conducted in the dry season of the year 2013, in a randomized block design with three replications. 20 genotypes belonging to four different growth habits were used. The morpho-agronomic traits were: average number of days to the start of flowering; length of the main shaft; height of the first pod; number of nodes on the main stem; average length of the internodes; number of secondary branches; average number of pods per plant; average number of seeds per pod; average number of grains per plant; stem diameter; weight of 100 grains; ratio between length and width of the central leaflet and growth grade. The measures the diameter of the vascular tissue of the stem the overall diameter of the stem, number of xylem on the stem, collenchyma thickness of the stem, the thickness of the stem cortical parenchyma, the length of the xylem of the stem, phloem thickness of the stem, epidermal stem diameter, the leaves length of the rib, diameter leaf epidermis, width phloem of the leaf, diameter of the xylem of the leaf, total leaf thickness, thickness of palisade parenchyma of the leaf, spongy parenchyma thickness of the leaf, thickness of the petiole collenchyma, the thickness of the cortical parenchyma of the petiole, length of petiole xylem, width of petiole xylem and the diameter of the epidermis of the petiole. The data were subjected to analysis of variance. Means were grouped according to Scott and Knott method. The genotypes were grouped based on the Mahalanobis distance matrix of anatomical characters. Estimates of the phenotypic, genotypic and environmental correlations were obtained. The genotypes showed great variability, demonstrated by significant in almost all of the characters. The differences in anatomical characters were not able to separate the genotypes according to their types of growth habit. Only for the average length string of the rib of the sheet, the total thickness of the sheet width and the xylem of the stem usual types were divided into 4 groups, one for each type of growth habit, with the usual type I showed lower ELF and greater type IV. The pool by the Mahalanobis distances not formed groups according to growth habit. The note size is highly correlated with the overall diameter and the exchange of the stem. Overall anatomical characters were not correlated with different growth habits.

Keywords: Anatomy, Leave, Stem, Pettiole, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUÇÃO

Pesquisas sobre a anatomia do feijoeiro se concentram no período dentre as décadas de 70 e 90, os quais geralmente descrevem a anatomia foliar. Entre esses, são destacadas as pesquisas conduzidas por Knecht e O'leary (1972) e Silva (1979), as quais abordaram a descrição anatômica e morfológica de algumas variedades de *Phaseolus vulgaris*. Poucos estudos com esses objetivos foram posteriormente realizados.

Conhecimentos sobre anatomia são importantes em função da caracterização vegetal e também servem de subsídio para inúmeros campos das ciências agrárias como a produção vegetal, fisiologia, ecologia e também para o melhoramento genético (Silva et al., 2005). Além disso, ressalta-se que frequentemente são lançadas inúmeras cultivares de feijão pelos programas de melhoramento genético e há escassez de informações sobre as características morfoanatômicas das novas cultivares.

São quatro os grupos de classificação do feijoeiro conforme o seu hábito de crescimento: hábito determinado arbustivo (Tipo I), hábito indeterminado arbustivo (Tipo II), hábito indeterminado prostrado (Tipo III) e hábito indeterminado trepador (Tipo IV) (Nassar et al., 2010). Essa classificação foi realizada em diferentes ambientes da Colômbia e é utilizada também no Brasil (Debouck, 1991).

O crescimento total da planta é produto do crescimento e multiplicação celular com a diferenciação celular. O crescimento e multiplicação celular proporcionam aumento irreversível do tamanho da planta, o qual pode ser avaliado pelo número de folhas, número de nós, altura da planta ou matéria seca da planta. A diferenciação celular, por sua vez, pode ser compreendida pelas mudanças irreversíveis na forma e na função das células (Alberts et al., 2007).

O caule do feijoeiro é herbáceo, classificado morfológicamente como haste, e apresenta, na planta adulta, secção transversal cilíndrica e levemente angulosa (Leon, 1968). O pecíolo assemelha-se a um caule, devido à sua forma alongada, e é canaliculado na face superior (adaxial). A base do pecíolo apresenta-se engrossada,

formando o pulvino. O sistema vascular está concentrado em sua porção central, havendo em seu entorno grande desenvolvimento de parênquima (Santos e Gavilanes, 2006).

As folhas definitivas do feijão são trifolioladas, ou seja, são constituídas por três folíolos. Quanto à disposição, um dos folíolos é central ou terminal, simétrico, e os outros dois são laterais, opostos e assimétricos. As folhas primárias que surgem logo após a germinação das sementes são simples e opostas (Santos e Gavilanes, 2006). Ambos os tipos de folhas possuem quase a mesma estrutura e são compostas por três tipos de tecidos: o epidérmico, o de preenchimento e o vascular (Nassar et al., 2010). O tecido do mesofilo é sempre diferenciado em parênquima paliçádico colunar na face adaxial e em irregular ou isodiamétrico no lado abaxial, sendo essa característica de folhas dorsiventrais. O tecido paliçádico é composto por uma camada de células alongadas e perpendiculares à superfície da lâmina e apresenta abundância de cloroplastos. O tecido lacunoso ocorre em direção à epiderme inferior. O sistema vascular é composto por feixes vasculares que, normalmente, formam o esqueleto da folha (Nassar et al., 2010).

A compreensão das características morfoanatômicas é relevante para a cultura do feijoeiro, pois são utilizadas para caracterizar plantas resistentes ao estresse hídrico (Gonçalves, 2013). Nesse contexto, Silva et al. (1999) observaram aumento significativo de tricomas (35%), a diminuição do volume celular (26%) e o espessamento do mesofilo, de 207 a 282 μm , em diferentes cultivares de feijoeiro submetidos ao déficit hídrico.

Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar cultivares de feijão com diferentes hábitos de crescimento, com a finalidade de mensurar e constatar suas diferenças anatômicas e a associação com os caracteres morfoagronômicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e material genético

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental da Universidade Federal de Lavras. O município de Lavras situa-se na região sul do estado de Minas Gerais, a 918 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45°59' de longitude Oeste.

O material genético foi provido pelo Banco Ativo de Germoplasma de *Phaseolus vulgaris* L. pertencente à Universidade Federal de Lavras. O material para avaliação foi composto por vinte materiais que se agrupam de acordo com o tipo de hábito de crescimento sugerido por Debouck (1991) (Tabela 1).

Tabela 1 Nome das cultivares/linhagens, descrição quanto ao tipo de hábito de crescimento, grupo comercial e procedência de 20 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Feijão da Universidade Federal de Lavras

Cultivares/ Linhagens	Hábito de crescimento	Grupo Comercial	Procedência
Esal 693	I	Carioca	UFLA
BRS- Radiante	I	Manteiga	Embrapa
Eriparsa	I	Manteiga	Epamig
BRS-Valente	II	Preto	Embrapa
BRS-Estilo	II	Carioca	Embrapa
RP-1	II	Carioca	UFLA
BRS- Esplendor	II	Preto	Embrapa
BRS-Cometa	II	Carioca	Embrapa
BRS-Supremo	II	Preto	Embrapa
Rio Tibagi	II	Preto	
BRSMG- Madreperola	III	Carioca	UFV/ UFLA/ Embrapa/ Epamig
BRSMG-Talismã	III	Carioca	UFV/ UFLA/ Embrapa/Epamig
Jalo-EEP558	III	Manteiga	Estação Experimental Patos
BRSMG-União	III	Manteiga	UFV/ UFLA/ Embrapa/ Epamig
Perola	III	Carioca	Embrapa
Ouro Negro	III	Preto	UFV/ Epamig
Carioca comum	III	Carioca	IAC
VR-16	III	Rosinha	UFV
Flor de Mayo	IV	Mulatinho	
Small White	IV	Branco	

Condução e avaliação dos experimentos

O experimento foi realizado na safra da seca de 2013. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. Cada parcela foi composta por três linhas de dois metros cada, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de plantio de 20 sementes por

metro linear. Após a emergência foi efetuado o desbaste, mantendo-se duas plantas por cova. Considerou-se como área útil a linha central da parcela, na qual foram avaliadas 10 plantas competitivas.

Realizou-se adubação na sementeira, com 300 kg/ha da fórmula 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O) com posterior aplicação de 150 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, aproximadamente vinte dias após a emergência. A irrigação foi realizada por aspersão sempre que necessário, principalmente nas fases iniciais de germinação e nas safras da seca e inverno.

Avaliação dos caracteres morfoagronômicos

A avaliação das cultivares/linhagens foi realizada com base nos caracteres: número médio de dias para o início da floração (50% da parcela com pelo menos uma flor aberta) (PPF); comprimento da haste principal (cm) (CHP); altura da inserção da primeira vagem (cm) (IPV); número de nós da haste principal (NHP); comprimento médio dos internódios (cm) (CMI), dado pela razão entre o comprimento da haste principal e o número de nós; número de ramificações secundárias (NRS); número médio de vagens por planta (NVP); número médio de grãos por vagem (NGV); número médio de grãos por planta (NGP); diâmetro do caule (cm) (DC); massa de 100 grãos (gramas) (MCG); razão entre o comprimento e a largura do folíolo central (RCF); nota de porte baseada na escala de Collicchio et al. (1997). O número de dias até o florescimento compreendeu o período da emergência até o florescimento de 50% das plantas da parcela. Com relação à arquitetura as plantas foram avaliadas em momento próximo à colheita, utilizando-se uma escala de nota de 1 a 9, correspondendo a nota 1 às plantas com hábito tipo IV, plantas prostradas e acamadas, e nota 9 às plantas eretas correspondendo o inverso da escala de Collicchio et al., 1997. A altura da planta foi definida como sendo o comprimento da haste principal, sendo mensurada pela distância entre a base do

caule e o meristema apical, o diâmetro do caule foi avaliado a 5 cm da base. As avaliações ocorreram ao final do ciclo da cultura.

Coleta e avaliação anatômica

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três repetições. Para a avaliação anatômica foram coletadas amostras do folíolo direito e do ápice do caule (haste principal) em 3 plantas de cada parcela, aos 30 dias após emergência.

O folíolo direito foi coletado no terço médio da planta, sendo assim selecionado por estar exposto à luminosidade. Após a coleta, foram seccionadas: parte do pecíolo próximo ao folíolo, parte do folíolo no terço médio, abrangendo a nervura central, e parte do caule próximo às gemas terminais.

As amostras foram fixadas, por 24 a 48 horas, em solução de FAA50 (formaldeído, etanol 50%, ácido acético, 1:1:18, v/v) e estocadas em etanol 70% (Johansen, 1940). Para a preparação das lâminas permanentes, o material foi desidratado em série butílica (Johansen 1940) e incluído em Paraplast (Kraus & Arduin, 1997) em estufa a 60°C.

Os cortes transversais (10-14 µm) das folhas, dos pecíolos e dos caules foram realizados em micrótomo rotatório (Jung Biocut, modelo 2035). Os cortes histológicos foram afixados às lâminas com adesivo de Bissing (Bissing, 1974). Após a retirada do Paraplast com acetato de butila a 45°C, em banho-maria, as amostras foram desidratadas em série etílica e coradas com a mistura de azul de astra e safranina 9:1 (v/v) modificado para 0,5% (Bukatsch, 1972) e montadas em verniz vitral incolor Acrilex (Paiva 2006).

Na seção transversal foram realizadas as medidas do diâmetro do feixe vascular do caule (DFC), diâmetro total do caule (DTC), número de xilemas do caule (NXC), espessura do colênquima do caule (ECC), espessura do parênquima cortical do caule (EPCC), comprimento do xilema do caule (CXC),

espessura do floema do caule (EFC), diâmetro da epiderme do caule(DEC), comprimento da nervura da folha (CNF), diâmetro da epiderme da folha(DEF), largura do floema da folha(LFF), diâmetro do xilema da folha(DXF), espessura total da folha (ELF), espessura do parênquima paliçádico da folha (EPPF), espessura do parênquima lacunoso da folha(EPLF), espessura do colênquima do pecíolo (ECP), espessura do parênquima cortical do pecíolo (EPCP), comprimento do xilema do pecíolo(CXP), largura do xilema do pecíolo (LXP) e o diâmetro da epiderme do pecíolo(DEP).

As variáveis foram obtidas em imagens das seções transversais capturadas com câmera digital acoplada ao microscópio óptico de luz Olympus BX-60 com auxílio do software Image Tool (Wilcox et al., 2002).

Para o cálculo das médias das variáveis foram utilizados 3 cortes (triplicatas) de cada repetição. Em cada réplica foi obtida 1 medida para LFF, CNF, ECP, EPCP, CXP, LXP, NXC, CXC, 2 medidas para ELX, EPPF, EPLF e 3 medidas para DFC, DTC, ECC, EPCC. Foram medidos o diâmetro de 5 células epidérmicas, em cada replica, para DEF, DEC e DEP e de 4 células do xilema para DXF e 4 do floema para EFC.

Análises Estatísticas

As análises estatísticas dos dados foram realizadas conforme Ramalho et al. (2005). As variáveis resposta foram testadas quanto às pressuposições para a realização de análise de variância individual. As médias foram submetidas ao teste de agrupamento Scott e Knott, 1974. Os genótipos foram agrupados de acordo com o seu tipo de hábito de crescimento e as médias e desvio padrão de cada grupo foram obtidos e comparados pelo teste de Scott e Knott, 1974. Utilizou-se o procedimento PROC MIXED do software *Statistical Analysis System* (SAS, 2000) para as análises de variância, o software Genes versão

2008.6.0 (Cruz, 2001) foi utilizado para os agrupamentos das médias pelo método Scott e Knott e para o cálculo das distâncias de Mahalanobis. Os genótipos foram agrupados com base na matriz de distância de Mahalanobis pelo método UPGMA utilizando-se o software NTSYS-PC versão 2.1 (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*) (Rohlf, 2000). Foram obtidas as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental, entre os pares de caracteres, conforme descrito por Cruz et al. (2004). A fim de testar a significância desses coeficientes utilizou-se o teste t para as correlações fenotípicas e o procedimento de “*bootstrap*” com 5.000 simulações, para as correlações genotípicas e as ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância individuais dos 13 caracteres morfoagronômicos avaliados nos 20 genótipos de feijão, na safra da seca de 2013, está representado na tabela 2.

Tabela 2 Resumo das análises de variância individuais e coeficientes de variação (CV) dos 13 caracteres morfoagronômicos avaliados na safra da seca de 2013

Variável	QM (Trat) Seca-2013
PORTE	10,84**
CV (%)	20,97
CHP	2994,04**
CV (%)	19,62
IPV	7,41**
CV (%)	14,06
NHP	14,37**
CV (%)	10,18
CMI	11,56**
CV (%)	14,88
NRS	1,0**
CV (%)	18,45
RFC	0,01**
CV (%)	4,84
DC	0,038**
CV (%)	14,55
PPF	22,82**
CV (%)	2,89
NVP	37,17**
CV (%)	21,09
NGP	1047,91 ^{NS}
CV (%)	35,28
NGV	1,88**
CV (%)	16,59
MCG	176,92**
CV (%)	13,6

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste F.

O efeito da fonte de variação tratamentos foi significativo ($P < 0,05$) para a maioria dos caracteres morfoagronômicos, exceto para o número de grãos por planta. De forma semelhante, Moura et al. (2013) observaram diferença significativa para 24 caracteres avaliados, em duas safras.

O resumo das análises de variância individuais dos 20 caracteres, relacionados à anatomia, avaliados nos 20 genótipos de feijão na safra da seca de

2013, está representado na tabela 3. A precisão experimental, expressa pelos coeficientes de variação foi, de forma geral, inferior a 20%, o que indica boa precisão (Pimentel-Gomes, 1985).

Tabela 3 Resumo das análises de variância individuais e Coeficientes de Variação (CV) dos 20 caracteres anatômicos avaliados na safra da seca de 2013

Variável	QM(Trat)	CV%	Variável	QM(Trat)	CV%
DFC	64676 **	9,05	CNF	42649 **	10,23
DTC	58034 **	6,43	DEF	251042 **	15,68
NXC	2,39 *	7,93	LFF	4027,1 ns	13,93
ECC	3278,7 **	16,7	DXF	29,13 *	10,55
EPCC	299,57 **	19,72	ELF	1096,37 **	14,39
CXC	2597,25 *	14,3	EPPF	177,412 *	21,85
EFC	135,86 *	16,3	EPLF	455,83 **	10,18
DEC	5,001 *	13,44	ECP	1945,82 **	16,77
EPCP	751,93 **	15,34	CXP	2022 *	11,86
LXP	4135,6 *	20,12	DEP	11,51 **	12,48

*, **, ns: significativo a 5% e a 1% de probabilidade; ns não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Os menores coeficientes de variação foram observados para o diâmetro total do caule (6,43%), número de xilemas do caule (7,93%) e para diâmetro do feixe vascular do caule (9,05%). Assim como para os caracteres morfoagronômicos o efeito da fonte de variação tratamentos foi significativo ($P < 0,05$) para a maioria dos caracteres, exceto para a largura do floema da folha. A significância dos efeitos dos tratamentos para a maioria dos caracteres evidenciou a variabilidade dos genótipos escolhidos, como representativos aos diferentes hábitos de crescimento do feijoeiro.

A partir da análise da secção transversal (Figura 1), observou-se que a superfície da haste de feijoeiro, diretamente abaixo do ápice, é fortemente sulcada e quase pentagonal, em linhas gerais. As células da epiderme apresentam formato quase em forma de quadrado. Foram observados tricomas não glandulares. As bordas do caule consistem majoritariamente de colênquima. Após o colênquima há uma camada de células (bainha amilífera) separando o parênquima cortical do colênquima. Os feixes vasculares são dispostos quase que em anel, sendo separados uns dos outros por parênquima interfascicular, sendo este parte do tecido de preenchimento. A medula, que compreende grande parte do núcleo da haste, consiste de células de formato poligonal, de paredes finas do parênquima medular, cujo tamanho tende a ser maior quanto mais próximo ao centro do caule. As médias e seus desvios padrões e do agrupamento Scott e Knott dos 20 genótipos para os 8 caracteres anatômicos do caule do feijoeiro avaliados estão representados na tabela 1 do apêndice C.

Conforme análise de agrupamento de Scott e Knott, nenhum dos caracteres anatômicos do caule foi eficiente para a separação dos genótipos com relação aos tipos de hábito de crescimento (Tabela 1, apêndice C). O diâmetro do câmbio do caule variou de 890,53 μm (Jalo EEP 558) a 1469,82 μm (Supremo). O agrupamento dividiu as cultivares em 2 grupos inconsistentes quanto aos seus tipos de hábito. O mesmo ocorreu para NXC, EPCC, CXC, EFC e DEC. As cultivares Supremo e Jalo também apresentaram o maior e menor diâmetro total do caule, respectivamente.

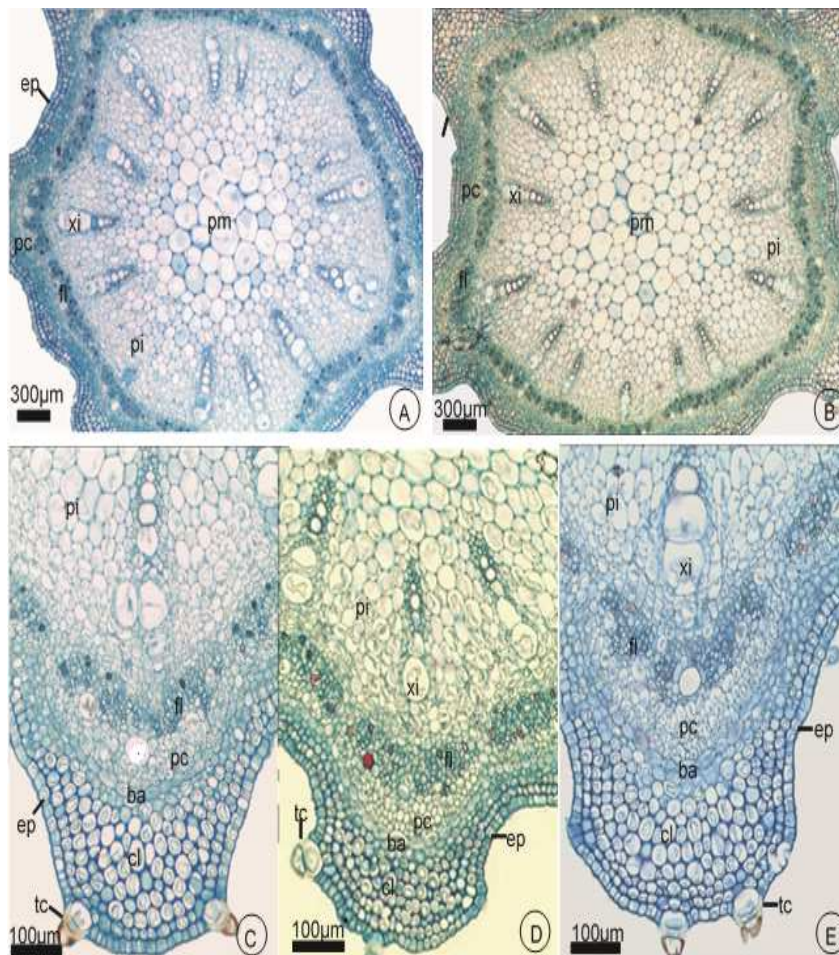


Figura 1 Fotomicrografias do corte transversal do caule de feijoeiro. A: Cultivar BRS Cometa. B: Cultivar BRS Valente. C: Cultivar BRS Cometa. D: VR-16. E: BRS Estilo. ep: epiderme, tc: tricoma, cl: colênquima, ba: bainha amilífera, pc: parênquima cortical, fl: floema, xi: xilema, pi: parênquima interfascicular, pm: parênquima medular

O número de xilemas do caule variou de 12 (Esplendor, Cometa, Ouro Negro e Valente) a 15 (Radiante, Rio Tibagi e Talismã). As cultivares formaram 4 grupos, pelo método Scott e Knott, para o caráter espessura do colênquima do caule, sendo que a cultivar Esplendor apresentou a menor espessura (53,8 µm) e a Supremo a maior

(174,36 μm). A espessura do parênquima cortical variou de 43,45 μm (Jalo) a 88,91 μm (Valente). Uma cultivar de hábito tipo I (143,18 μm , Eriparsa) e outra de hábito tipo II (255,87 μm , RP-1) apresentaram os maiores comprimentos do xilema do caule. Uma cultivar de hábito tipo 1 (60,4 μm , Esal 693) e outra do tipo III (36,1 μm , Carioca) apresentaram a maior e menor espessura do floema, respectivamente. O diâmetro da epiderme variou de 10,09 μm (Radiante) a 13,75 μm (Supremo).

Do ponto de vista morfológico, as folhas dorsiventrais e compostas por três sistemas de tecidos: tecido epidérmico, que consiste nas camadas epidérmicas que ocorrem nos lados adaxial (superior) e abaxial (inferior); tecido de preenchimento (mesofilo), que se diferencia em parênquima paliçádico colunar na face adaxial e em parênquima irregular isodiamétrico esponjoso no lado abaxial; tecido vascular, o qual é composto por feixes vasculares, o esqueleto da folha, no qual outros tecidos, como o tecido de preenchimento, permanecem inseridos.

A secção transversal da parte mediana do folíolo mostra que este consiste de duas camadas epidérmicas com mesofilo no meio (Figura 2). Ambas as camadas da epiderme são unisseriadas, compostas por células retangulares e com paredes delgadas. Os estômatos ocorrem em ambos os lados, sendo mais frequentes na epiderme inferior. Tricomas também estão presentes em ambas as faces, sendo mais frequentes na epiderme inferior.

O parênquima paliçádico é composto por uma camada de células alongadas perpendicularmente à superfície da lâmina e é caracterizado pela grande presença de cloroplastos. O parênquima esponjoso ocorre acima da epiderme inferior e consiste de 4 a 5 camadas de células pouco organizadas com amplos espaços intercelulares. Na região da nervura central, a epiderme superior e a inferior são convexas. As médias seguidas dos seus desvios padrões e do agrupamento Scott e Knott dos 20 genótipos para os 7 caracteres anatômicos, da folha do feijoeiro, avaliados estão representadas na tabela 2 no apêndice C.

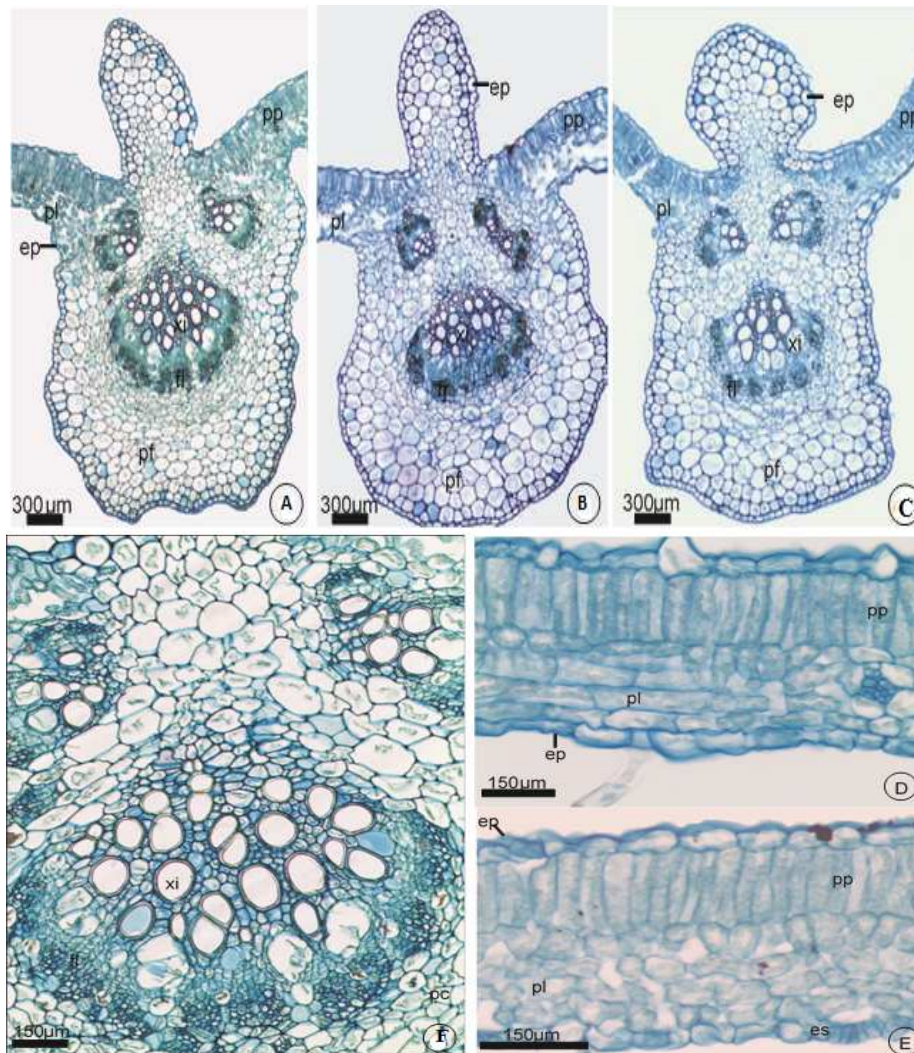


Figura 2 Fotomicrografias do corte transversal da folha do feijoeiro. A: Cultivar Perola. B: BRS Estilo. C: Cultivar Jalo EEP 558. D e E: Cultivar Rio Tibagi. F: Cultivar Perola. ep: epiderme, pp: parênquima paliçádico, pl: parênquima lacunoso, pf: parênquima fasciculado, xi: xilema, fl: floema, es: estômato

Assim como observado para os caracteres do caule do feijoeiro os agrupamentos pelos caracteres da folha do feijoeiro foram inconsistentes. O

comprimento da nervura da folha variou de 1065 μm (Cometa) a 1498,7 μm (Small White). A cultivar Rio Tibagi, de hábito tipo II, apresentou o menor diâmetro de célula da epiderme da folha (15,14 μm), enquanto que as células epidérmicas da cultivar União, do tipo III, foram as maiores (25,91 μm). A largura do floema da folha variou de 243,55 μm (Cometa) a 417,99 μm (Carioca). O diâmetro do xilema variou de 30,35 μm (Estilo) a 44,67 μm (Rio Tibagi).

Quando comparado os caracteres do limbo foliar a cultivar Estilo apresentou as maiores espessuras totais do limbo foliar (151,34 μm) e do parênquima lacunoso (88,15 μm). A menor ELF foi de 99,09 μm (Esplendor) e a menor EPLF de 33,92 μm (VR-16). Além de apresentar a menor espessura do parênquima lacunoso a linhagem VR-16 também apresentou a menor espessura do parênquima lacunoso (31,35 μm). A cultivar Ouro Negro apresentou parênquima lacunoso mais espesso (55,18 μm).

Pesquisas demonstraram a variação da morfologia e anatomia das folhas em função da qualidade da luz, estresse hídrico e genótipos. Em estudo com a variedade de feijão Goiano Precoce, Voltan et al. (1991) relataram diferenças morfoanatômicas entre folhas lisas e rugosas. Conforme esses autores, esses dois tipos de folhas apresentaram uma única camada de células epidérmicas, as quais apresentaram três diferentes tipos de tricomas. O mesofilo se diferenciou em tecido paliçádico e esponjoso. O tecido paliçádico se constituiu por células alongadas e perpendiculares à epiderme e manteve contato com o tecido lacunoso na face abaxial. O mesofilo das plantas rugosas foi mais denso e apresentou espaços intercalares reduzidos. O parênquima paliçádico e o lacunoso das plantas rugosas foram mais espessos que os das lisas, em todo o limbo foliolar.

White e Montes (2005) demonstraram que a espessura e a área relativa de folhas de feijão refletem um equilíbrio entre o potencial para a fotossíntese por unidade de área foliar e a interceptação de luz e, portanto, favorecem a produtividade da cultura. Essa observação foi proporcionada pela medição do tecido foliar em plantas cultivadas em campo aberto e em plantas cultivadas em ambiente protegido.

Sexton et al. (1997) não verificaram diferenças na espessura de tecidos foliares de sete linhagens de feijoeiro mesoamericanas e nove linhagens andinas, tendo-se em vista que as medições da epiderme e do parênquima paliçádico foram similares entre as linhagens avaliadas. No entanto, esses autores relataram que as linhagens mesoamericanas apresentaram maior quantidade de espaço e de ar no parênquima lacunoso, o que descrevem como sendo importante para a redução da resistência interna e como facilitador de trocas gasosas dentro da folha, como a difusão de dióxido de carbono (CO₂).

Navea et al. (2002) relataram diferenças morfoanatômicas entre genótipos de feijão, selvagens e domesticados, e também em função do estresse hídrico. Esses autores detectaram maior espessura no mesofilo do parênquima paliçádico em genótipos domesticados (119,0 µm), quando comparados aos genótipos selvagens (109,0 µm). Também verificaram que o tamanho das células epidérmicas foi significativamente menor em condição de estresse hídrico, tanto nos genótipos selvagens quanto nos domesticados.

Essas características morfoanatômicas são importantes para a cultura do feijoeiro, pois são úteis para se caracterizar plantas resistentes ao estresse hídrico (Gonçalves, 2013).

Silva et al. (1999) observaram o aumento de tricomas (35%), a diminuição do volume celular (26%) e o aumento da espessura do mesofilo, de 207 a 282 µm, em diferentes variedades de feijoeiro submetidas ao estresse hídrico.

O pecíolo da folha do feijão, conforme apresentado na secção transversal (Figura 3) tem contorno poligonal, quase pentagonal, com duas asas laterais nos cantos do lado adaxial. O pecíolo é delimitado por uma epiderme unisseriada. Há presença de estômatos e tricomas, semelhantes aos encontrados na haste principal e nas folhas. O tecido abaixo da epiderme é composto principalmente de células de colênquima. Após o colênquima há uma camada unisseriada de células (bainha amilífera). O tecido de preenchimento consiste principalmente de grandes células de

parênquima cortical, entre os feixes, e de parênquima medular no interior do pecíolo. Os tecidos vasculares são formados de feixes colaterais dispostos em um anel e por dois pequenos feixes nas duas “asas laterais”. Os feixes são separados por grandes áreas de tecido de preenchimento. Os vasos do xilema estão dispostos em filas radiais.

As médias seguidas dos seus desvios padrões e do agrupamento Scott e Knott dos 20 genótipos para os cinco caracteres anatômicos do caule do pecíolo do feijoeiro avaliados estão representados na tabela 3 do apêndice C.

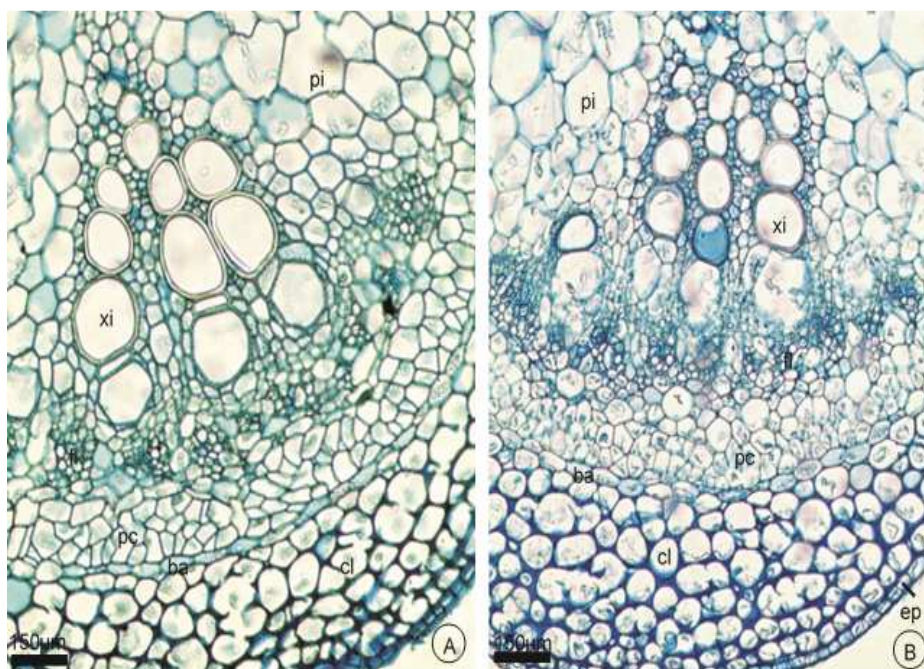


Figura 3 Fotomicrografias do corte transversal do pecíolo do feijoeiro. A: Cultivar Carioca. B: Linhagem RP-1. ep: epiderme, cl: colênquima, ba: bainha amilífera, pc: parênquima cortical, fl: floema, xi: xilema, pi: parênquima interfascicular

A espessura do colênquima do pecíolo variou de 80,84 µm (Jalo) a 185,34 µm (Cometa) e a espessura do parênquima cortical variou de 46,61 µm (Jalo) a 127,08 µm (Valente). O comprimento do xilema variou de 223,14 µm (Rio Tibagi) a 329,53 µm (Supremo) e a sua largura variou de 141,24 µm (Madreperola) a 321,42 µm (RP-

1). Os diâmetros das células epidérmicas do pecíolo variaram de 11,5 μm (Valente) a 18,3 μm (RP-1).

As médias dos genótipos agrupados conforme os tipos de hábito de crescimento estão representadas na tabela 4.

Tabela 4 Médias, desvio padrão e testes de média pelo agrupamento Scott Knott para os caracteres avaliados em 20 cultivares de feijão em relação às médias agrupadas por tipo de hábito de crescimento

Variável	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
DFC	1309,2 (106,1) a	1326,78 (134,5) a	1125,1 (139,46) b	966,19 (3,92) b
DTC	1676,9 (88,48) a	1636,1 (103,21) a	1464,4 (115,24) b	1296,5 (93,44) b
NXC	12,89 (1,69) a	13,62 (1,16) a	13,71 (1,08) a	12,67 (0,82) a
ECC	96,14 (32,94) a	136,36 (30,78) a	89,96 (23,51) a	70,19 (8,45) a
EPCC	68,96 (20,84) a	65,26 (9,55) a	56,74 (12,92) a	53,91 (13,54) a
CXC	196,59 (41,89) b	205,27 (32,73) a	196,14 (38,4) b	167,17 (25,48) c
EFC	52,07 (5,95) a	54,36 (10,43) a	47,51 (9,39) a	47,74 (11,42) a
DEC	11,14 (1,22) a	12,09 (2,18) a	11,24 (1,75) a	11,77 (1,28) a
CNF	1242,5 (118,11) c	1344,6 (164,55) a	1289,9 (141,57) b	1102,3 (150,9) d
DEF	16,98 (2,52) a	19,86 (4,06) a	20,45 (3,98) a	21,01 (1,98) a
LFF	351,23 (29,54) a	359,41 (55,5) a	343,41 (57,05) a	337,66 (62,34) a
DXF	38,98 (4,65) a	37,82 (4,85) a	36,26 (3,95) a	34,02 (2,08) a
ELF	115,99 (19,30) d	121,38 (20,02) c	133,15 (27,46) b	143,75 (15,71) a
EPPF	43,53 (10,04) b	40,69 (10,74) b	42,31 (10,46) b	51,68 (12,56) a
EPLF	52,46 (11,38) b	53,29 (9,04) b	61,3 (19,46) a	57,62 (11,56) a
ECP	113,19 (24,02) b	135,89 (28,44) a	133,32 (33,35) a	111,57 (25,04) b
EPCP	80,27 (28,68) a	82,84 (14,41) a	81,01 (15,6) a	52,17 (9,86) b
CXP	244,55 (40,54) c	272,59 (41,37) a	272,43 (26,98) a	256,83 (38,09) b
LXP	192,51 (51,4) c	189,48 (48,87) d	228,03 (49,41) a	197,73 (21,69) b
DEP	14,07 (2,4) a	15,52 (2,12) a	14,82 (2,87) a	15,51 (2,04) a

Os 4 tipos de hábito de crescimento não foram diferenciados quanto aos caracteres NXC, ECC, EPCC, EFC, DEC, DEF, LFF, DXF, ECP, EPCP

e DEP, formando apenas 1 grupo pelo teste de Scott e Knott. Cultivares de hábito de crescimento dos tipos I e II formaram um grupo tanto para o diâmetro do ápice caulinar como para o diâmetro do feixe vascular do caule e as do tipo III e IV se agruparam em outro. Somente as médias dos caracteres comprimento da nervura da folha, espessura total da folha e largura do xilema do pecíolo foram separadas em 4 grupos, 1 para cada tipo de hábito de crescimento, sendo que o tipo de hábito I apresentou menor ELF e o tipo IV maior.

Cultivares pertencentes aos tipos I, II e III apresentaram menor espessura do parênquima foliar, quando comparadas a cultivares do tipo IV. As maiores espessuras do parênquima lacunoso foram observadas nos tipos III e IV.

As 20 variáveis anatômicas foram utilizadas para o cálculo das distâncias de Mahalanobis entre as 20 cultivares. O agrupamento pelo método UPGMA está representado na figura 4. O coeficiente de correlação cofenético, o qual representa a confiabilidade das distâncias genéticas representadas no dendrograma em relação à matriz de distância de Mahalanobis, foi de 0,65. De forma geral, a contribuição de cada caráter para as distâncias é: DFC (1,19%); DTC (7,65%); NXC (3,52%); ECC (14,39%); EPPC (3,82%); CXC (4,57%); EFC (1,8%); DEC (1,27%); CNF (7,25%); DEF (2,96%); LFF (2,09%); DXF (3,09%); ELF (6,28%); EPPF (7,15%); EPLF (5,14%); ECP (6,59%); EPCP (12,47%); CXP (2,47%); LXP (2,85%); e DEP (3,45%).

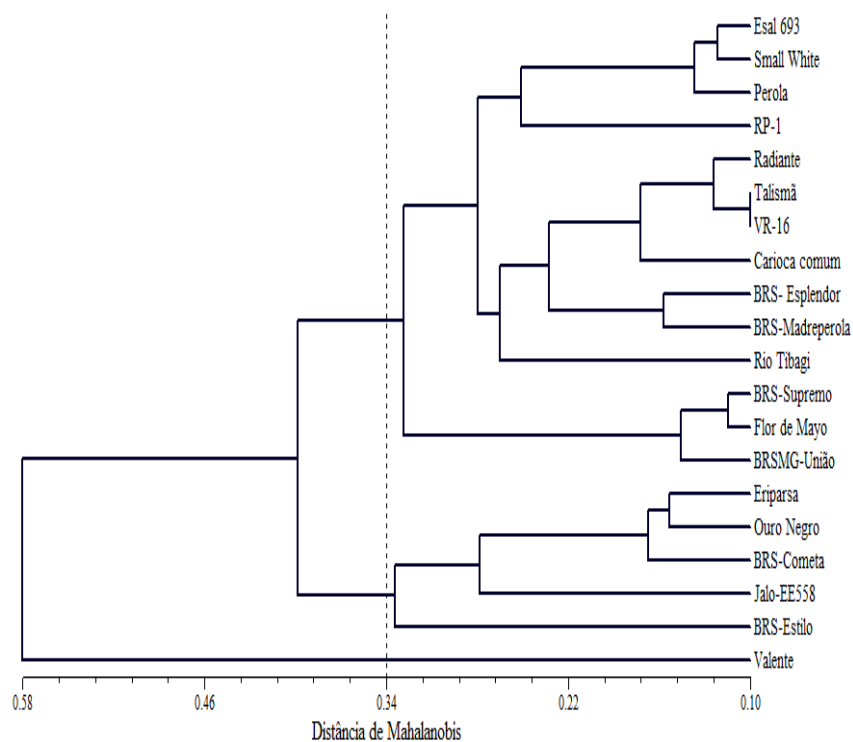


Figura 4 Dendrograma das distâncias de Mahalanobis, para os caracteres anatômicos, entre os 20 genótipos pertencentes aos 4 tipos de hábito de crescimento do feijoeiro

As cultivares foram agrupadas de forma inconsistente quanto aos seus tipos de hábito de crescimento. O corte pela média das distâncias separou as cultivares em 3 grupos, sendo 1 formado apenas pela cultivar Valente, outro formado por 5 genótipos pertencentes aos hábitos tipo I, II e III e um terceiro grupo com o restante das cultivares pertencentes aos 4 tipos de hábito de crescimento.

De forma geral, as correlações genéticas entre os 33 caracteres (13 morfoagronômicos e 20 anatômicos) tiveram maior magnitude e apresentaram o mesmo sinal das correlações fenotípicas. O caráter nota de porte, importante para a seleção de progênies em programas de melhoramento de plantas, apresentou correlação significativa de alta magnitude com o comprimento da haste principal (-

0,87), com o número de nós da haste principal (-0,77), com o diâmetro do caule (0,68), com o diâmetro total do ápice caulinar (0,93), com o diâmetro do feixe vascular do caule (0,9) e com o comprimento da nervura da folha (0,68). Sendo assim, planta com melhor porte apresenta menores CHP e NHP e maiores DC, DTC, DCC e CNF. Moura et al. (2013) também verificaram correlações genéticas de alta magnitude entre a nota de arquitetura e a altura da planta (-0,83) e o diâmetro do caule (0,81).

Genótipos mais precoces, ou seja, com menor número de dias para 50% das plantas da parcela com flor, apresentaram menor comprimento da haste principal (0,73), menor número de nós na haste principal (0,86) e menor diâmetro do xilema da folha (-0,77). O comprimento da haste principal, além do porte e de PPF, correlacionou-se com o número de nós da haste principal (0,89), com o diâmetro do feixe do caule (-0,77), com o diâmetro total do ápice caulinar (-0,87) e com a espessura do parênquima cortical do pecíolo (-0,64).

Checa e Blair (2008), após mapearem QTLs para caracteres ligados à capacidade trepadora e a outros caracteres componentes do hábito de crescimento do feijoeiro observaram que as correlações genéticas positivas entre a altura da planta após 45 dias de plantio e o comprimento dos internódios variaram de 0,71 a 0,95, conforme o ambiente avaliado.

Plantas que apresentaram maiores IPV apresentaram menor número de ramificações secundárias (-0,81), menor número de vagens por planta (-0,53), maior comprimento do xilema do caule (0,57), menor largura do floema da folha (-0,68), menor espessura total da folha (-0,8) e menor espessura do parênquima lacunoso da folha (-0,61).

Cultivares com menor número de nós da haste principal do feijoeiro obtiveram maiores massas de 100 grãos (-0,66), DTC (-0,66) e EPCP (-0,57). Em outro aspecto, as cultivares com menor comprimento médio dos internódios apresentaram maiores NVP (-0,62), NGP (-0,55), DFC (-0,76), DTC (-0,69) ECC (-0,82), EPCC (-0,77), EFC (-0,89) e menor LXP (0,71). O número de ramificações

secundárias correlacionou-se com comprimento da nervura da folha (-0,9), com o comprimento do xilema do caule (-0,71) e com a espessura do parênquima cortical do pecíolo (-0,78).

Checa e Blair (2008) observaram que o número de ramificações apresentou correlações genéticas positivas variáveis, conforme o ambiente avaliado, de 0,25 a 0,67 para comprimento de internódios, de 0,19 a 0,70 para altura da planta aos 45 dias e de 0,15 a 0,40 para altura da planta medida aos 75 dias.

O número de vagens por planta, um dos caracteres componentes da produção do feijoeiro, correlacionou-se positivamente com o número de grãos por vagem (0,88), com o diâmetro do feixe vascular do caule (0,77), com o diâmetro da epiderme do caule (0,69) e com a largura do floema da folha (0,69). O número de grãos por planta se correlacionou com o DFC (0,73), e o DEC (0,86). O número de grãos por vagem também se correlacionou com DEC (0,67). Plantas com maiores massas de 100 grãos apresentaram maiores comprimentos da nervura da folha (0,51).

Produtividades elevadas podem ser obtidas quando genótipos com maior estrutura de parte aérea, número de nós, altura de inserção da primeira vagem e, especialmente, maior diâmetro são utilizados (Zilio et al., 2013). Em genótipos com maior diâmetro do caule, já correlacionado positivamente com plantas que apresentam melhores portes, as maiores foram o DFC (0,8), o DTC (0,73), a ECC (0,76), o DXF (0,53) e a EPCP (0,63). Moura et al. (2013), após pesquisa sobre potencial de caracteres para avaliação da arquitetura do feijoeiro, relataram que plantas com maior diâmetro de caule foram mais altas e mais tardias, apresentaram internódios mais curtos e maior altura de inserção da primeira vagem.

Para a caracterização botânica das folhas do feijoeiro são medidos os folíolos centrais em folhas completamente desenvolvidas, desde a base até o ápice, ao longo da nervura central, pela largura da parte mediana do folíolo e perpendicular à nervura central do ponto mais largo. O índice obtido pela razão entre o comprimento e a largura do folíolo central permite agrupar as cultivares (Antunes et al., 2001). Esse

caráter correlacionou-se com dois caracteres anatômicos do caule, DTC (0,62) e EPCC (0,65) e com um do pecíolo, CXP (-0,65).

As correlações genéticas entre os caracteres entre anatômicos do feijoeiro de maiores magnitudes foram:

- a) O diâmetro do câmbio do ápice caulinar com DTC (0,97), ECC (0,79), EPCC (0,71), EFC (0,77), DXF (0,67), ELX (-0,69), EPPF (-0,61);
- b) O diâmetro total do ápice caulinar com CNF (0,52), ECC (0,66), EPCC (0,63), EFC (0,75), ELX (-0,69), EPPF (0,67);
- c) O número de xilemas do caule com ECC (0,56), CXC (0,69), DXF (0,82), EPPF (-0,6);
- d) O comprimento da nervura da folha com ECC (0,78), EPCC (0,8), CXC (0,63), EFC (0,65), EPCP (0,96);
- e) O diâmetro da epiderme da folha com EPCC (-0,54), DEC (0,75), DXF (-0,95);
- f) A espessura do colênquima do caule com EFC (0,7), LFF (0,74), EPCP (0,57), LXP (-0,55);
- g) A espessura do parênquima cortical com DXF (0,86), EPCP (0,69), LXP (-0,7), DFP (-0,59);
- h) O comprimento do xilema do pecíolo com EFC (0,55);
- i) A espessura do floema do caule com DEC (0,51), CXP (0,6), LXP (-0,48), EPLF (-0,52).
- j) O diâmetro da epiderme do caule com LFF (0,67), DEP (0,54).
- k) A largura do floema da folha com DXF (-0,81), DEP (0,54).
- l) O diâmetro do xilema da folha com ECP (-0,57), ELF (-0,65), EPLF (-0,66).
- m) A espessura do colênquima do pecíolo e CXP (0,53).
- n) A espessura total do limbo foliar com EPPF (0,81), EPLF (0,87).
- o) A espessura do parênquima paliçádico com EPLF (0,71).

CONCLUSÕES

As diferenças nos caracteres anatômicos não são eficientes em separar os genótipos de acordo com seus tipos de hábito de crescimento.

Somente para as médias dos caracteres comprimento da nervura da folha, espessura total da folha e largura do xilema do pecíolo os tipos de hábito foram separados em 4 grupos, 1 para cada tipo de hábito de crescimento, sendo que o tipo de hábito I apresentou menor ELF e o tipo IV maior.

O agrupamento pelas distâncias de Mahalanobis não formou grupos de acordo com o hábito de crescimento.

A nota de porte é altamente correlacionada com o diâmetro total e do câmbio do caule.

No geral os caracteres anatômicos não se correlacionaram com os diferentes hábitos de crescimento.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Molecular biology of the cell**. 5th edition. New York: Garland Science. 2007. 1392p.

ANTUNES, I. F.; RODRIGUES, L. S.; TEIXEIRA, M. G.; MASTRONTONIO, J.J.S.; SILVA, J. F. G.; LOPES, R. AM.; KRAMER, G. C. (2001) Variação no índice comprimento/largura (IRCF) da folha trifoliolada do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE – SIRGEALC, 3., 2001, Londrina. Anais...Londrina: IAPAR, 2001. P. 211-213.

BISSING, D.R. Haupt's gelatin adhesive mixed with formalin for affixing paraffin sections to slides. **Stain Technology**, v49, p.116-117, 1974.

BUKATSH, F. Benerkemgem zeir doppelfarbig astrablau-safranina. **Mikrokosmos**, v.61, p. 255, 1972.

CHECA, O.E.; BLAIR, M.W. Mapping QTL for climbing ability and component traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular Breeding**, v.22, p.201–215, 2008.

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**, v.32, n.3, p. 297-304, 1997.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística: versão 2001**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2004. v.1, 480p.

DEBOUCK, D. G. **Systematics and morphology**. In: SCHOONHOVEN, A. Van; VOYSEST, O. (Ed.). *Common beans: research for crop improvement*. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

GONÇALVES, J.G.R. **Identificação de linhagens defeijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca**. Tese (Doutorado). Instituto Agrônômico: Campinas. 2013. 98p.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. 2ª Ed. McGraw Hill, New York. 1940. 523p.

KNECHT, G.N.; O'LEARY, J.W. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. leaves. **Botanical Gazette**, v.133, p.132-134, 1972.

KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR. 1997, 198p.

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

MOURA, M.M.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E.S.; CRUZ, C.D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.4, p.417-425, 2013.

NASSAR, R.M.A; BOGHADY, M.S.; AHMED, Y.M. Botanical Studies On *Phaseolus Vulgaris* L. II-Anatomy Of Vegetative And Reproductive Organs. **Journal of American Science**, v.6, n.12, p.271-229, 2010.

NAVEA, C.; TERRAZAS, T.; DELGADO-SALINAS, A.; VALLEJO, P.R. Foliar response of wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* L. to water stress. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.0, p1-8, 2002.

PAIVA, J.G.A. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.2, p.257-264, 2006.

PIMENTEL-LOPES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Esalq. 1985, 467p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. 2 ed. rev. e atual. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 322 p.

ROHLF, F.J. NTSYS-PC: **Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System**. Version 2.1. Exeter Software, Setauker, 2000.

SANTOS, J. B. e GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA-JR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 41-66.

SAS. 2000. Statistical Analysis System Institute Inc. **SAS/STAT User's .Guide. V. 8.0**, vol. I. SAS Institute, Inc. Cary NC.

SEXTON, P.J; PETERSON, C.M.; BOOTE, B.K.J; WHITE, J.W. Early-season growth in relation to region of domestication, seed size, and leaf traits in common bean. **Field Crops Research**, v.52, p.69-78, 1997.

HERMAN SILVA 1, JUAN P. MARTINEZ 2, CECILIA BAGINSKY 2 y MANUEL PINTO. Efecto del déficit hídrico en la anatomía foliar de seis cultivares de poroto *Phaseolus vulgaris*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 219-235, 1999.

SILVA, E.A.M. Developmental anatomy of *Phaseolus vulgaris* L 'Bush Blue Lake 290' with special consideration of light influence on leaf development. Raleigh, North Carolina State University, 1979. 72p. Tese (Mestrado).

SILVA, L.M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, n.1, p.183-194, 2005.

VOLTAN, R.B.Q.; WUTKER, E.B.; BULISANI, E.A.; AMBROSANO, E.J.; SORDI, G.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Botânica e fisiologia de plantas. **Bragantia**, v.50, n.1, p.1-15, 1991.

ZILIO, M.; SOUZA, C.A.; COELHO, C.M.M.; MIQUELLUTI, D.J.; MICHELS, A.F. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.1, p.21-30, 2013.

WHITE, J.W.; MONTES, C.R. Variation in parameters related to leaf thickness in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), **Field Crops Research**, v. 91, p.7-21, 2005.

WILCOX, D.; DOVE, B.; MCDAVID D.; GREER, D. **Image Tool**. San Antonio: University of Texas Health Science Center, 2002.

APÊNDICE C

Tabela 1 Médias (desvio padrão) e agrupamento Scott Knott para os caracteres anatômicos dos caules de 20 cultivares de feijão

Material	DFC	DTC	NXC	ECC	EPCC	CXC	EFC	DEC
Esal 693	1270,34 (5,94) a	1634,56 (12,29) a	14,0 (0,0) a	124,07 (26,66) b	68,83 (4,69) a	220,45 (28,04) a	60,4 (5,37) a	10,45 (1,82) b
Radiante	1268,76 (120,52) a	1532,9 (83,76) a	15,0 (2,16) a	93,05 (5,94) c	61,31 (7,62) a	169,94 (7,35) b	44,25 (2,45) b	10,09 (1,54) b
Eriparsa	979,98 (47,2) b	1247,44 (29,03) c	13,0 (0,47) b	72,88 (22,47) d	56,56 (16,23) b	143,18 (5,41) b	43,90 (5,99) b	11,71 (1,7) a
Valente	1242,19 (98,21) a	1629,13 (28,43) a	12,0 (0,94) b	101,78 (12,69) c	88,91 (14,9) a	178,07 (11,53) b	53,25 (6,24) a	10,64 (0,77) b
Estilo	1161,22 (106,46) b	1458,64 (39,95) b	13,0 (0,47) b	62,9 (11,74) d	47,58 (10,33) b	203,02 (26,37) a	49,96 (7,25) b	11,82 (1,46) a
RP-1	1114,72 (141,88) b	1485,34 (116,65) b	14,0 (0,47) a	95,66 (17,82) c	74,64 (16,75) a	255,87 (35,56) a	55,67 (7,4) a	12,7 (0,14) a
Esplendor	1303,80 (114,98) a	1673,7 (108,83) a	12,0 (0,94) b	53,8 (15,52) d	48,76 (1,12) b	166,31 (7,54) b	49,39 (4,66) b	10,8 (1,01) b
Cometa	1059,59 (66,61) b	1398,56 (75,64) b	12,0 (0,47) b	84,94 (14,64) c	51,14 (10,94) b	184,68 (4,42) b	44,19 (8,72) b	10,75 (0,83) b
Supremo	1469,82 (154,88) a	1720,35 (12,42) a	14,0 (0,82) a	174,36 (23,06) a	69,54 (12,62) a	153,03 (3,99) b	59,66 (8,96) a	13,75 (0,96) a
Rio Tibagi	1333,27 (40,36) a	1659,22 (5,33) a	15,0 (0,47) a	138,62 (13,99) b	66,88 (12,38) a	245,03 (30,52) a	55,86 (1,7) a	11,95 (1,07) a
Madreperola	1313,06 (38,06) a	1661,87 (45,32) a	13,0 (0,47) b	105,45 (1,37) c	64,32 (8,8) a	231,21 (19,47) a	63,24 (5,13) a	10,45 (1,3) b
Talismã	1251,60 (41,54) a	1528,32 (31,92) a	15,0 (0,47) a	110,74 (10,83) c	65,66 (10,18) a	204,38 (22,97) a	46,06 (6,91) b	10,58 (0,76) b
Jalo-EE558	890,52 (59,97) b	1265,3 (33,79) c	13,0 (0,82) b	63,34 (4,39) d	43,45 (4,51) b	155,2 (12,37) b	41,74 (7,81) b	10,89 (0,33) b
União	1323,28 (89,01) a	1642,22 (129,34) a	14,0 (0,47) a	161,25 (1,62) a	57,58 (12,06) b	224,55 (13,52) a	53,98 (13,82) a	13,11 (1,54) a
Perola	1110,94 (64,01) b	1499,04 (83,22) b	14,0 (0,0) a	111,99 (29,33) c	65,18 (10,11) a	187,15 (17,28) b	57,59 (12,47) a	10,52 (1,45) b
Ouro Negro	1060,37 (81,68) b	1370,27 (110,93) b	12,0 (0,47) b	75,34 (5,45) d	68,69 (9,76) a	195,66 (26,09) b	56,21 (5,05) a	12,6 (0,96) a
Carioca comum	1098,28 (85,32) b	1499,6 (76,37) b	14,0 (1,25) a	84,35 (5,81) c	48,81 (6,17) b	163,92 (42,2) b	36,1 (8,93) b	10,98 (0,67) b
VR-16	1161,59 (59,13) b	1559,88 (88,58) a	14,0 (0,94) a	92,34 (5,58) c	59,03 (4,46) b	216,18 (29,06) a	50,02 (3,7) b	10,66 (2,93) b
Flor de Mayo	1365,38 (43,91) a	1650,41 (55,19) a	13,0 (0,82) b	152,43 (3,02) a	69,23 (5,1) a	226,3 (8,2) a	49,95 (3,82) b	12,96 (0,31) a
Small White	1258,92 (129,71) a	1481,32 (164,92) b	13,0 (1,25) b	124,87 (0,56) b	66,08 (1,77) a	227,24 (23,39) a	48,74 (6,09) b	13,46 (1,28) a

Diâmetro do feixe vascular do caule (DFC), diâmetro total do caule (DTC), número de xilemas do caule (NXC), espessura do colênquima do caule (ECC), espessura do parênquima cortical do caule (EPCC), comprimento do xilema do caule (CXC), espessura da floema do caule (EFC), diâmetro da epiderme do caule (DEC)

Tabela 2 Médias (desvio padrão) e agrupamento Scott Knott para os caracteres anatômicos das folhas de 20 cultivares de feijão

Material	CNF	DEF	LFF	DXF	ELF	EPPF	EPLF
Esal 693	1456,23 (106,87) a	17,3 (0,03) a	364,33 (15,94) a	40,24 (0,82) a	126,7 (12,94) b	45,6 (7,99) a	44,7 (6,49) c
Radiante	1161,83 (93,24) b	16,69 (2,27) a	347,43 (84,4) a	42,43 (6,85) a	132,05 (11,79) a	35,58 (8,71) b	55,77 (6,63) c
Eriparsa	1290,57 (79,82) b	19,73 (2,35) a	395,05 (50,16) a	39,39 (1,8) a	145,2 (20,53) a	40,45 (5,87) b	60,26 (7,3) b
Valente	1389,43 (76,13) a	19,85 (0,91) a	375,23 (9,81) a	37,45 (3,13) b	123,41 (7,83) b	51,72 (5,29) a	53,86 (8,91) c
Estilo	1242,15 (15,7) b	25,19 (2,64) a	336,12 (58,41) a	30,35 (4,35) b	151,35 (19,73) a	54,26 (5,61) a	88,15 (11,07) a
RP-1	1283,8 (65,23) b	20,63 (2,79) a	334,5 (18,2) a	35,04 (1,14) b	133,98 (26,58) a	35,91 (2,81) b	50,71 (18,92) c
Esplendor	1215,51 (61,84) b	15,29 (0,65) a	314,86 (6,72) a	39,36 (3,88) a	99,09 (23,23) b	31,98 (4,62) b	41,69 (15,1) c
Cometa	1065,0 (167,46) b	18,62 (5,6) a	243,55 (20,35) a	35,24 (1,97) b	120,21 (9,09) b	42,98 (7,46) a	52,89 (4,97) c
Supremo	1228,74 (108,82) b	18,93 (1,66) a	368,92 (30,95) a	32,95 (3,94) b	102,89 (10,58) b	37,24 (3,09) b	43,64 (3,63) c
Rio Tibagi	1189,32 (85,62) b	15,14 (0,43) a	353,45 (25,13) a	44,67 (4,21) a	110,3 (16,52) b	47,8 (8,44) a	49,9 (5,43) c
Madreperola	1205,44 (39,86) b	17,45 (0,61) a	304,67 (7,25) a	35,42 (0,6) b	100,4 (4,8) b	31,51 (1,56) b	53,7 (2,58) c
Talismã	1394,39 (114,3) a	18,15 (1,48) a	339,25 (3,0) a	40,21 (3,09) a	103,02 (3,98) b	33,26 (4,21) b	42,01 (5,85) c
Jalo-EE558	1000,45 (79,99) b	22,67 (0,97) a	370,21 (40,65) a	32,78 (0,94) b	135,4 (15,07) a	45,7 (2,79) a	63,5 (8,32) b
União	1419,93 (191,83) a	25,91 (3,54) a	417,29 (54,8) a	33,51 (2,04) b	117,96 (10,19) b	48,72 (9,76) a	49,15 (8,14) c
Perola	1385,56 (118,17) a	18,94 (2,42) a	388,49 (32,23) a	35,46 (1,49) b	160,88 (7,09) a	51,75 (2,9) a	76,65 (5,38) a
Ouro Negro	1134,33 (100,93) b	19,91 (0,74) a	318,92 (52,01) a	34,6 (1,97) b	145,59 (11,79) a	55,18 (13,37) a	50,41 (3,37) c
Carioca comum	1487,83 (192,08) a	18,54 (0,16) a	417,99 (58,22) a	35,54 (3,76) b	146,91 (13,07) a	41,44 (7,61) b	65,72 (6,03) b
VR-16	1219,58 (31,79) b	21,11 (2,5) a	317,74 (14,6) a	36,73 (3,24) b	105,22 (10,51) b	31,35 (12,09) b	35,92 (12,42) c
Flor de Mayo	1339,72(59,11) a	21,55 (3,84) a	380,7 (21,06) a	38,64 (1,03) a	120,28 (10,6) b	33,68 (4,11) b	54,85 (3,18) c
Small White	1498,7 (158,76) a	21,36 (4,64) a	373,01 (42,14) a	41,49 (3,95) a	145,57 (22,66) a	51,64 (16,65) a	68,63 (4,9) b

Comprimento da nervura da folha (CNF), diâmetro da epiderme da folha (DEF), largura do floema da folha (LFF), diâmetro do xilema da folha (DXF), espessura total da folha (ELF), espessura do parênquima paliçádico da folha (EPPF), espessura do parênquima lacunoso da folha (EPLF)

Tabela 3 Médias (desvio padrão) e agrupamento Scott Knott para os caracteres anatômicos do pecíolo de 20 cultivares de feijão

Material	ECP	EPCP	CXP	LXP	DEP
Esal 693	111,33 (6,09) b	94,5 (12,46) b	300,23 (14,65) a	178,5 (18,22) a	15,4 (2,18) a
Radiante	112,29 (10,71) b	67,89 (5,82) c	261,35 (25,28) a	253,73 (20,68) a	17,4 (2,53) a
Eriparsa	145,82 (12,82) a	73,23 (2,54) c	274,8 (16,36) a	212,53 (22,72) a	17,75 (3,68) a
Valente	127,4 (21,46) b	127,08 (27,04) a	262,83 (22,36) a	152,92 (25,46) a	11,5 (0,7) b
Estilo	110,3 (9,56) b	71,58 (4,37) c	280,26 (35,58) a	245,82 (51,83) a	15,6 (1,4) a
RP-1	88,6 (0,86) c	89,27 (18,18) b	258,12 (11,37) a	321,42 (57,4) a	18,03 (0,57) a
Esplendor	126,7 (14,76) b	63,5 (9,21) c	265,4 (14,7) a	248,76 (17,56) a	16,22 (0,26) a
Cometa	185,34 (26,12) a	72,23 (7,78) c	302,23 (13,25) a	245,34 (39,33) a	12,34 (2,09) b
Supremo	166,9 (10,68) a	96,71(8,54) b	329,56 (20,65) a	151,9 (27,3) a	17,8 (1,48) a
Rio Tibagi	85,17 (6,64) c	70,97 (9,99) c	223,14 (43,76) a	158,24 (12,89) a	15,4 (1,64) a
Madreperola	154,16 (34,27) a	77,9 (6,49) c	271,12 (0,58) a	141,24 (22,8) a	12,58 (1,1) b
Talismã	147,3 (31,76) a	75,24 (9,24) c	270,57 (10,14) a	191,95 (18,81) a	11,62 (0,6) b
Jalo-EE558	80,84 (23,71) c	46,61 (12,24) d	282,53 (37,21) a	199,58 (25,38) a	17,36 (2,24) a
União	179,7 (30,41) a	98,1 (5,51) b	242,3 (19,09) a	202,24 (39,33) a	16,4 (1,12) a
Perola	158,4 (15,6) a	91,62 (5,66) b	318,65 (22,34) a	254,49 (29,77) a	12,97 (0,89) b
Ouro Negro	125,56 (4,16) b	49,66 (2,37) d	255,78 (31,78) a	193,6 (9,86) a	14,6 (0,43) a
Carioca comum	165,71 (2,34) a	107,5 (0,79) b	247,88 (0,49) a	207,89 (22,87) a	16,01 (0,32) a
VR-16	106,07 (5,92) b	70,22 (16,02) c	246,94 (19,31) a	179,47 (49,0) a	14,54 (0,91) a
Flor de Mayo	127,77 (8,84) b	82,45 (8,51) c	264,35 (6,52) a	200,34 (58,08) a	15,6 (0,29) a
Small White	124,5 (6,25) b	66,32 (12,3) c	285,2 (60,27) a	185,81 (41,67) a	14,5 (0,97) a

Espessura do colênquima do pecíolo (ECP), espessura do parênquima cortical do pecíolo (EPCP), comprimento do xilema do pecíolo (CXP), largura do xilema do pecíolo (LXP), diâmetro da epiderme do pecíolo (DEP)