

GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS

ESCOLHA DE GENITORES DE FEIJOEIRO POR MEIO DA DIVERGÊNCIA AVALIADA A PARTIR DE CARACTERES MORFO-AGRONÔMICOS⁽¹⁾

CRISTINA DE FÁTIMA MACHADO⁽²⁾; JOÃO BOSCO DOS SANTOS⁽³⁾;
GLAUBER HENRIQUE DE SOUSA NUNES⁽⁴⁾

RESUMO

A divergência genética dos genitores é essencial para que produzam populações segregantes em vários caracteres, ampliando as chances de seleção de genótipos superiores. O objetivo deste trabalho foi verificar se a distância de Mahalanobis (D^2) classifica os genitores representados por cultivares/linhagens de feijoeiro adaptados à região sul de Minas Gerais e permite a escolha das combinações mais divergentes, em vários caracteres agronômicos. Dez características morfo-agronômicas foram utilizadas para o cálculo da distância de Mahalanobis (D^2), a partir dos 12 cultivares/linhagens (Aporé, H-4-7, PF-9029975, CI-128, Carioca MG, CI-21, Carioca 300V, Ouro Negro, A-285 Rudá, ESAL 693, Pérola e IAC Carioca Aruã) avaliados em quatro épocas (inverno/97, águas 97/98, seca/98 e inverno/98). O delineamento foi realizado em blocos completos casualizados com três repetições. Verificou-se pelas análises das variâncias, que os cultivares/linhagens diferiram em todos os caracteres, bem como entre épocas. Observou-se, ainda, que a interação genótipos vs. épocas foi significativa para seis dos 10 caracteres. Constatou-se que os cultivares/linhagens foram mais contrastantes, tendo como referência a massa de cem sementes, número de dias para florescimento, porte e número de internódios. Contudo, a produção de grãos, apesar de ser muito importante, apresentou baixa contribuição para divergência, em virtude da falta de variabilidade entre os materiais estudados. As distâncias de Mahalanobis (D^2) classificaram os cultivares/linhagens em dois grupos distintos. O grupo I foi formado por 'ESAL 693' e 'Ouro Negro', os mais divergentes nas quatro épocas, e o grupo II foi formado pelos cultivares/linhagens restantes (PF-9029975, A-285 Rudá, IAC Carioca Aruã, Carioca MG, CI-21, H-4-7, Pérola, CI-128, Carioca 300V e Aporé). Houve inconsistência nos agrupamentos nas quatro épocas. A distância de Mahalanobis (D^2) permitiu a identificação de genitores divergentes.

Palavras-chave: escolha de genitores, distância de Mahalanobis (D^2), agrupamento e *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

CHOICE OF BEAN PARENTS BY MEANS OF THE DIVERGENCE MEASURED ON MORPHO-AGRONOMIC CHARACTERS

The genetic divergence of parents is essential for producing segregating populations for several characters, enhancing the chances of selecting better genotypes. The objective of this work was to investigate whether Mahalanobis distance (D^2) classifies possible parents for cultivars/lines adapted to local region allowing the choice of the most divergent combinations for several agronomic characters. Ten morpho-agronomic characteristics were utilized for obtaining Mahalanobis distance (D^2)

⁽¹⁾ Parte da dissertação de Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas da primeira autora, apresentada à Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG). Trabalho realizado com a ajuda financeira do CNPq/FAPEMIG. Recebido para publicação em 17 de maio de 1999 e aceito em 13 de março de 2000.

⁽²⁾ Departamento de Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, 37200-000 Lavras (MG). E-mail: cmachado@ufla.br

⁽³⁾ Departamento de Biologia, UFLA. E-mail: jbsantos@ufla.br

⁽⁴⁾ Aluno de Pós-graduação da UFLA, Departamento de Biologia, UFLA.

from 12 cultivars /lines (Aporé , H-4-7, PF- 9029975, CI-128, Carioca MG, CI-21, Carioca 300V, Ouro Negro, A-285 Rudá, Esal 693, Pérola and IAC Carioca Aruã), evaluated in four seasons (winter /97, waters 97/98 , drought/98 and winter/98). It was utilized a randomized complete block design with three replications. It was verified that the cultivars/lines differed for all characters , and according to different seasons. It was noticed that the genotype/season interaction was significant for six of the ten characters. It was found that the cultivars/ lines were the most contrasting on the basis of the mass of 100 seeds, number of days to flowering , architecture and number of internodes. However, grain yield despite its importance contributed poorly to the divergence due to the lack of variability among the materials studied. Mahalanobis distances (D^2) classified the cultivars/lines into two distinct groups. There was an inconsistency in the groupings during the four seasons. Group I was made up of 'ESAL 693' and 'Ouro Negro', which were the most divergent during the four seasons, and group II was made up of the remaining cultivars/lines (PF-9029975, A-285 Rudá , IAC Carioca Aruã, Carioca MG, CI-21, H-4-7, Pérola, CI-128, Carioca 300V and Aporé). Mahalanobis distance (D^2) proved to be useful for the identification of divergent parents.

Key words: choice of parents, Mahalanobis distance (D^2), grouping and *Phaseolus vulgaris*.

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de populações segregantes, com altas médias para as características de interesse e variabilidade genética ampla, depende da seleção adequada dos genitores. A divergência dos genitores é essencial para se obterem populações segregantes em vários caracteres, de modo a ampliar as chances de seleção de genótipos superiores. Estudos sobre divergência genética têm sido de grande importância em programas de melhoramento envolvendo hibridações, por fornecerem parâmetros para a identificação de genitores que, quando cruzados, aumentam as chances de recuperarem genótipos superiores nas gerações segregantes (CRUZ et al., 1994).

Quando diversos caracteres dos genitores são medidos simultaneamente, aos pares, as distâncias de Mahalanobis (D^2) podem ser tomadas como estimativas de diversidade genética entre eles. Essa diversidade é obtida segundo diferenças fisiológicas, morfológicas e agrônômicas, avaliadas a partir de um grupo de genótipos (GHADERI et al., 1984).

A viabilidade da utilização da divergência genética como critério de seleção de genitores, para cruzamentos, tem sido relatada por diversos autores: CRUZ et al. (1994), DIAS e KAGEYAMA (1997b), GHADERI et al. (1984), MALUF et al. (1983) e MIRANDA (1998). A correlação positiva entre a divergência e a heterose é indicativa da eficiência da predição do comportamento dos híbridos, em várias culturas, tais como tomate (MALUF et al., 1983), feijão (GHADERI et al., 1984), mostarda (ANAND e RAWAT, 1984), trigo de inverno (SAMUDDIN, 1985) e milho (SMITH e SMITH, 1987).

Entretanto, a distância de Mahalanobis (D^2) não se mostrou eficiente na escolha de genitores de feijão - especialmente visando a produtividade de grãos - quando foram avaliados cultivares muito divergentes, a maioria pouco adaptados às condições do sul de

Minas Gerais (ABREU, 1997). Porém, na maioria dos programas de melhoramento utilizam-se cultivares/linhagens adaptados. Assim, é necessário avaliar a utilidade da distância de Mahalanobis (D^2) para tais condições.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi verificar se a distância de Mahalanobis (D^2) classifica os genitores representados por cultivares/linhagens de feijoeiro adaptados à região sul de Minas Gerais e permite a escolha das combinações mais divergentes, com base em vários caracteres agrônômicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental do Departamento de Biologia, em Lavras (MG), que está a 910 m de altitude, 21°45' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste. O solo do local dos experimentos foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado.

Os 12 cultivares/linhagens de feijoeiro foram avaliados em quatro épocas: inverno/97, águas 97/98, seca/98 e inverno/98. Algumas características dos cultivares e linhagens que foram utilizados estão relacionadas no quadro 1. Esses cultivares/linhagens foram escolhidos a partir de características agrônômicas favoráveis, como porte e hábito de crescimento, por serem importantes para o melhoramento genético. O cultivar mais discrepante do grupo foi Ouro Negro, por possuir grãos pretos. Embora discrepante, foi incluído por ser o melhor em relação a alguns caracteres agrônômicos, como hábito de crescimento e produtividade de grãos.

O delineamento experimental foi realizado em blocos completos casualizados com três repetições. Cada parcela consistiu de duas linhas de três metros de comprimento, com espaçamento de 50 cm entre as linhas e 15 sementes por metro linear.

Quadro 1. Origem, genealogia, hábito de crescimento, cor do tegumento, massa de cem sementes e raça dos 12 cultivares/linhagens de feijoeiro. Lavras (MG), 1999

Cultivares/Linhagens	origem	Genealogia ⁽¹⁾	Hábito de crescimento ⁽²⁾	Cor do tegumento	Massa de 100 sementes	Raças envolvidas nos cruzamentos
1-Aporé	CNPAP	(Carioca/México 168) // (Carioca/Bat76)	III	Bege com estrias marrom	8 27	Mesoamérica
2-H-4-7	UFLA	(EMGOPA 2010ouro/Carioca)	III	Bege com estrias marrom	21	Mesoamérica
3-PF-9029975	CNPAP	Seleção no ESAL 582 (Carioca80/Rio Tibagi)	II	Bege com estrias marrom	17	Mesoamérica
4-CI-128	UFLA	Seleção recorrente	III	Bege com estrias marrom	25	Mesoamérica
5-Carioca-MG	UFLA	Carioca 80/Rio Tibagi	II	Bege com estrias marrom	18	Mesoamérica
6-CI-21	UFLA	Seleção recorrente	III	Bege com estrias marrom	22	Mesoamérica
7-Carioca 300 V	UFLA	Seleção no Carioca	III	Bege com estrias marrom	22	Mesoamérica
8-Ouro Negro	CIAT	Int. de Honduras(Hond. 35)	III	Preta	24	Mesoamérica
9-A-285 Rudá	CIAT	Carioca/Rio Tibagi	II	Bege com estrias marrom	16	Mesoamérica
10-ESAL-693	UFLA	(Carioca TU/Linha 3272)	I	Bege com estrias marrom	19	Mesoamérica
11-Pérola	CNPAP	Seleção no Aporé	II/III	Bege com estrias marrom	23	Mesoamérica
12-IAC Carioca Aruã	IAC	(Cornell 49-242/AB-136)	II/III	Bege com estrias marrom	25	Mesoamérica

⁽¹⁾ I- hábito de crescimento determinado; II- hábito de crescimento indeterminado com guias curtas; III- hábito de crescimento indeterminado com guias longas; ⁽²⁾ cruzamento simples, //: cruzamento duplo.

A avaliação dos cultivares/linhagens foi feita utilizando-se os seguintes caracteres agrônomicos: 1 - PD - produção de grãos em kg.ha⁻¹; 2 - MS = massa média de cem sementes em gramas; 3 - FL = número de dias para o florescimento (a data do florescimento foi anotada quando 50% das plantas da parcela já apresentavam pelo menos uma flor aberta); 4 - PR = porte das plantas, utilizando-se escala de notas de 1 a 4, sendo 1 = planta com ramificação ereta, 2 = planta com ramificação ereta e fechada, 3 = planta com ramificação aberta, 4 = planta prostrada ou trepadeira, segundo procedimento de OLIVEIRA (1995); 5 - NVP = número médio de vagens por planta; 6 - NSV = número médio de sementes por vagens; 7 - NI = número médio de internódios da haste principal; 8 - IV = inserção média da primeira vagem até o colo da planta em cm; 9 - NR = número médio de ramos por planta; 10 - HP = comprimento médio da haste principal, em cm, do colo até a inserção da última folha. Na avaliação individual dos cultivares/linhagens foram utilizadas todas as plantas da parcela para se obter PD, FL e PR. Os demais caracteres foram avaliados a partir de uma amostra de 10 plantas por parcela.

Como adubação foi empregado o equivalente a 400 kg.ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 de N, P₂O₅ e K₂O, na semeadura, e 150 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio em cobertura, 20 dias após a emergência. A cultura foi submetida à irrigação por aspersão, quando necessário. Os demais tratamentos culturais foram os comuns para a cultura.

2.1. Análise genética e estatística dos dados

Inicialmente foi feita a análise da variância individual (ANAVA) para cada caráter avaliado, considerando-se o efeito de cultivares/linhagens como fixo. Posteriormente fez-se a análise conjunta da variância das quatro épocas para cada caráter, considerando-se os efeitos de cultivares/linhagens e épocas como fixos. As análises das variâncias individuais e conjunta foram feitas utilizando-se o programa MSTAT-C (1991). As diferenças entre cultivares/linhagens foram verificadas por meio do teste de SCOTT-KNOTT (1974) ao nível de 5% de significância. O teste de Scott-Knott foi utilizado por ser o mais poderoso e controlar adequadamente as taxas de erro do tipo I (FERREIRA et al., 1999).

Como medida de dissimilaridade foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ij}), definida pela expressão: $D^2_{ij} = (X_i - X_j)' E^{-1} (X_i - X_j)$, em que: X_i e X_j são os vetores médios associados aos cultivares/linhagens i e j respectivamente; E^{-1} é a matriz de covariância residual obtida na análise da variância multivariada (FERREIRA, 1993 e CRUZ e REGAZZI, 1997).

As distâncias de Mahalanobis (D^2) foram obtidas através do programa GENES (CRUZ, 1997) que utiliza a matriz de quadrados e produtos médios (QM e PM respectivamente) do erro obtido na análise multivariada, incluindo-se os dez caracteres avaliados com o auxílio do procedimento GLM do programa SAS (1995). Utilizou-se também o critério de SINGH (1981) com base nas estimativas das distâncias, a fim de se identificar a contribuição relativa de cada caráter para a divergência entre os cultivares/linhagens.

A partir das distâncias de Mahalanobis (D^2) foi feita a análise de agrupamento. Para essa análise foram consideradas, também, as distâncias obtidas dos pares de cultivares/linhagens, utilizando-se o método hierárquico aglomerativo da média entre pares não ponderados (UPGMA), segundo DIAS (1998). Para esse procedimento foi utilizado o programa Statistica (1984-1995).

As correlações de posição (Spearman) entre as distâncias de Mahalanobis (D^2), nas diferentes épocas, foram obtidas para verificar a concordância entre elas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos 12 cultivares/linhagens avaliados nas quatro épocas está apresentada no quadro 2. A precisão dos resultados medida pelo coeficiente de variação (CV%) está dentro da amplitude verificada em outros estudos (SANTOS, 1984 e ABREU, 1997). Ocorreram diferenças significativas entre os cultivares/linhagens (comparados todos os caracteres), bem como entre épocas. Tais resultados sugerem que todos os caracteres agrônômicos considerados foram importantes para identificar a divergência genética entre os cultivares/linhagens. Observa-se,

também, que houve interação significativa para seis entre os dez caracteres avaliados (Quadro 2). A ocorrência de interação e o fato de cultivares/linhagens e épocas terem sido considerados de efeitos fixos indicam que os resultados deveriam ser analisados por época. No entanto, em razão de o melhoramento do feijão ser feito, em geral, para adaptação mais ampla e porque a escolha de genitores visa obter populações segregantes, permitindo seleção de linhagens com adaptação em todas as épocas de cultivo, optou-se pela análise baseada na média de várias avaliações que são mais previsíveis e proporcionam maiores ganhos, quando se faz seleção (TAKEDA, 1990).

Constatou-se que os cultivares/linhagens foram mais contrastantes com base em PS, FL, PR e NI (Quadro 3). A menor variabilidade em relação aos demais caracteres e, em especial, à produtividade de grãos, deveu-se ao fato de todos os cultivares/linhagens serem adaptados e, principalmente, por possuírem alelos comuns do cultivar Carioca, com exceção de 'Ouro Negro'.

No que concerne aos quatro caracteres mais divergentes, PS mostrou valores maiores para os cultivares/linhagens ESAL 693, CI-128, Aporé e Pérola. Com relação a FL, os cultivares/linhagens mais precoces foram Ouro Negro e ESAL 693 e os mais tardios foram A-285 Rudá, Pérola, IAC Carioca Aruã e CI-21. Por sua vez, os cultivares/linhagens PF-9029975, Carioca MG e A-285 Rudá apresentaram portes altos, e 'H-4-7', 'Carioca 300V' e 'Aporé' apresentaram portes baixos. Para NI, 'CI-21', 'H-4-7' e 'IAC Carioca Aruã' apresentaram os maiores valores, e os menores valores foram para 'ESAL 693', 'Ouro Negro', 'CI-128' e 'Pérola' (Quadro 3).

Quadro 2. Resumo da análise conjunta da variância, estimativas da média geral e coeficiente de variação relativas aos 10 caracteres dos cultivares/linhagens de feijoeiro avaliados no inverno/97, águas 97/98, seca/98 e inverno/98. Lavras (MG), 1997/98

Fonte	QM										
	GL	PD ^(1,2)	MS ⁽¹⁾	FL ⁽¹⁾	PR ⁽¹⁾	NVP ⁽¹⁾	NSV ⁽¹⁾	NI ⁽¹⁾	IV	NR ⁽¹⁾	HP ⁽¹⁾
Bloco/Época	8	4,18	3,46	0,60	0,18	6,51	0,10	0,86	15,08	2,18	233,76
Época (E)	3	85,71**	1093,50**	4133,90**	13,53**	49,58**	3,40**	29,08**	651,15**	23,24**	16213,66**
Genitores (G)	11	10,61*	104,06**	52,76**	2,91**	15,92*	2,64**	17,61**	47,58**	9,65**	1163,71**
GxE	33	5,29 ^{ns}	17,80**	6,22**	0,28 ^{ns}	11,64*	0,40 ^{ns}	3,28**	10,86*	4,58 ^{ns}	307,23**
Erro médio	88	4,36	7,65	1,48	0,22	7,63	0,28	1,33	6,21	3,66	125,61
Média Geral	-	23,67	22,65	49,28	2,78	2,78	4,73	9,38	17,74	9,16	72,68
CV (%)	-	17,75	10,75	2,92	10,87	10,87	7,68	11,15	10,72	13,49	13,92

⁽¹⁾PD: produção em kg.ha⁻¹; MS: massa média de cem sementes; FL: número de dias de florescimento; PR: porte das plantas; NVP: número médio de vagens/planta; NSV: número médio de sementes/vagem; NI: número médio de internódios da haste principal; IV: inserção média da primeira vagem; NR: número médio de ramos por planta e HP: comprimento médio da haste principal; ²10⁻⁵; * significativo ao nível de 5% pelo teste F; ** significativo ao nível de 1% pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Quadro 3. Valores médios relativo aos 10 caracteres, média geral e coeficiente de variação (%) dos cultivares/linhagens de feijoeiro avaliados no inverno/97, águas 97/98, seca/98 e inverno/98. Lavras (MG), 1997/98

C/L	Caracteres ⁽¹⁾									
	PD ⁽²⁾	MS	FL	PR	NVP	NSV	NI	IV	NR	HP
Aporé	27,38a	25,15a	49,50a	3,22a	11,28a	4,64a	9,37a	18,32a	8,57a	84,95a
H-4-7	18,19a	19,97b	49,17a	3,35a	11,00a	5,01a	10,9a	16,18a	10,33a	75,41a
PF-9029975	25,06a	19,54b	49,67a	1,96b	10,54a	5,59a	9,68a	18,30a	8,12a	62,76a
CI-128	23,17a	26,49a	49,58a	3,08a	10,49a	4,45a	8,13b	20,40a	8,69a	73,60a
Carioca MG	22,55a	19,00b	49,92a	2,08b	10,98a	5,24a	9,36a	15,41a	8,42a	59,21a
CI-21	24,45a	22,12b	50,25a	3,10a	13,23a	4,44a	11,19a	15,50a	10,65a	76,13a
Carioca 300V	25,58a	22,04b	49,67a	3,32a	12,53a	4,58a	9,81a	18,67a	9,39a	80,36a
Ouro Negro	26,52a	23,93a	44,17b	3,09a	11,49a	4,87a	8,10b	16,08a	8,79a	65,24a
A-285 Rudá	25,81a	20,28b	51,42a	2,29b	12,97a	5,06a	9,72a	16,57a	9,57a	71,12a
ESAL-693	20,09a	27,83a	46,08b	2,84a	10,95a	3,79a	7,26b	20,30a	9,22a	57,26a
Pérola	25,59a	24,90a	51,00a	2,65b	10,18a	4,69a	8,41b	20,83a	7,91a	87,89a
IAC Carioca Aruã	19,60a	20,56b	50,92a	2,43b	13,49a	4,36a	10,56a	16,35a	10,24a	78,18a
Média geral	23,67	22,65	49,28	2,78	11,59	4,73	9,38	17,74	9,16	72,68
CV(%)	17,75	10,75	2,92	10,87	16,99	7,68	11,15	10,72	14,49	13,92

⁽¹⁾PD: produção em kg.ha⁻¹; MS: massa média de cem sementes; FL: número de dias de florescimento; PR: porte das plantas; NVP: número médio de vagens/planta; NSV: número médio de sementes/vagem; NI: número médio de internódios da haste principal; IV: inserção média da primeira vagem; NR: número médio de ramos/planta; HP: comprimento médio da haste principal; C/L: cultivares/linhagens; ⁽²⁾10⁻²; Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott.

As distâncias entre os pares de cultivares/linhagens, considerando as 10 características agronômicas, indicaram que os pares mais próximos foram: 'Aporé' e 'Carioca 300V', 'PF-9029975' e 'Carioca MG', 'IAC Carioca Aruã' e 'A-285 Rudá', e 'Carioca MG' e 'A-285 Rudá', e os mais distantes foram: 'PF-9029975' e 'ESAL 693'; 'A-285 Rudá' e 'ESAL 693', 'Carioca MG' e 'ESAL 693', e 'IAC Carioca Aruã' e 'ESAL 693'. Vale ressaltar que, em média, 'ESAL 693' foi o mais divergente em relação aos demais cultivares/linhagens, e, considerando todos os pares de cultivares/linhagens, a distância média foi de 28,70; portanto, 'ESAL 693' pode ser utilizado em programas de hibridação. Os valores da distância de Mahalanobis (D²) variaram de 2,77 ('Aporé' e 'Carioca 300V') a 96,35 ('ESAL 693' e 'PF-9029975'). Entre as distâncias de cada par de cultivares/linhagens, oito apresentaram valores acima de 60, e seis dessas combinações possuíam a linhagem ESAL 693 (Quadro 4).

O agrupamento dos cultivares/linhagens pelo método UPGMA (figura 1) permite visualizar com mais facilidade o relacionamento entre os mesmos.

Assim, considerando o desempenho médio dos cultivares/linhagens, as populações esperadas com maior variabilidade são aquelas provenientes de cruzamentos em que um dos genitores seja 'ESAL 693'

e/ou 'Ouro Negro' (figura 1). Os demais cultivares/linhagens ocorreram em um único grupo, a saber: PF-9029975, A-285 Rudá, IAC Carioca Aruã, CI-21, H-4-7, Pérola, CI-128, Carioca 300V e Aporé.

Tomando como referência a análise conjunta (figura 1e), houve consistência do agrupamento dos cultivares/linhagens do primeiro grupo (ESAL 693 e Ouro Negro) somente nas avaliações realizadas no inverno/97 (figura 1a) e inverno/98 (figura 1d). Os demais cultivares/linhagens posicionaram-se em grupos diferentes apenas no período das águas 97/98 (figura 1b). Houve discrepância do agrupamento dos cultivares/linhagens do primeiro grupo (figura 1e) com as avaliações realizadas na seca/98 (figura 1c). Tal fato se deve à interação genótipos vs. ambientes que foi expressiva na época, refletindo a discrepância no posicionamento entre o cultivar Ouro Negro e a linhagem H-4-7. Através da ANAVA da seca/98 (dados não demonstrados), percebe-se que houve diferenças significativas entre os cultivares/linhagens para cinco dos 10 caracteres estudados, com exceção para PD, PR, NV, IV e NR. De maneira geral, o coeficiente de variação dos dez caracteres estudados está dentro da amplitude verificada com a cultura do feijoeiro. A inconsistência no agrupamento da linhagem H-4-7, em relação ao cultivar Ouro Negro, deve-se à

Quadro 4. Dissimilaridade entre os cultivares/linhagens de feijoeiro estimada pela distância de Mahalanobis (D^2) em relação aos 10 caracteres avaliados na média das quatro épocas (inverno/97, águas97/98, seca/98 e inverno/98). Lavras (MG), 1997/98

C/L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		19,43	30,96	5,40	21,66	10,99	2,77 ⁽¹⁾	30,11	16,38	47,45	7,25	14,11
2			19,58	26,19	13,22	7,54	12,81	43,67	19,13	71,48	41,64	12,26
3				39,14	2,90	19,65	21,59	62,18	7,46	96,35 ⁽²⁾	44,01	13,17
4					29,58	18,28	7,63	29,44	25,18	27,64	8,04	21,84
5						12,08	15,06	47,75	5,21	80,14	36,03	8,02
6							5,69	43,79	10,95	63,32	27,48	7,10
7								34,30	10,55	52,62	13,81	8,11
8									61,60	25,38	51,99	53,79
9										88,51	23,33	4,89
10											54,69	75,12
11												24,84
12												

C/L: cultivares/linhagens (1- Aporé, 2- H-4-7, 3- PF-9029975, 4- CI-128, 5- Carioca MG, 6- CI-21, 7- Carioca 300V, 8- Ouro Negro, 9- A-285 Rudá, 10- ESAL-693, 11- Pérola, 12- IAC Carioca Aruã); ⁽¹⁾par de cultivares/linhagens menos divergente; ⁽²⁾: par de cultivares/linhagens mais divergente.

interação genótipos vs. ambientes. Tal fato refletiu no comportamento superior dessa linhagem em comparação a 'Ouro Negro', bem como na divergência da mesma na época, visto que seis das combinações mais divergentes possuem a linhagem H-4-7. Com relação aos caracteres que mais contribuíram para a divergência na seca/98, destacam-se PS, FL e NI, com 74,21% da variação. Por outro lado, PD contribuiu com apenas 3,42% da variação. Os demais cultivares/linhagens posicionaram-se em um único grupo, como pode ser visualizado nas figuras 1a e 1d. De modo geral, não houve consistência do agrupamento dos cultivares/linhagens nas diferentes épocas (Figura 1). Entre as razões para essa inconsistência distingue-se, como principal, a interação de genótipos por ambientes (Quadro 2), destacando-se PS e FL que apresentaram maiores contribuições relativas para as estimativas das distâncias (Quadro 5). A inconsistência no agrupamento, devido à interação de genótipos por ambientes, foi também observada em algumas oportunidades (SINGH e GUPTA, 1979; JAIN et al, 1981a; JAIN et al, 1981b; VARMA e GULATI, 1982 e SINGH e GILL, 1984).

Considerando-se que os cultivares/linhagens foram mais eficientemente avaliados no inverno (figuras 1a e 1b) e que o melhoramento do feijoeiro é realizado visando a obtenção de cultivares/linhagens com adaptação mais ampla, o agrupamento fundamentado na análise conjunta é o mais informativo. Além disso, o erro na estimativa da distância de Mahalanobis (D^2), proveniente de várias épocas (média),

é menor que o erro associado a cada distância de Mahalanobis (D^2) estimado para cada época (DIAS e KAGEYAMA, 1997a).

Apesar de ter havido inconsistências houve também concordâncias no agrupamento, especialmente entre os cultivares/linhagens mais divergentes, como indicam as correlações significativas entre as distâncias estimadas nas diferentes épocas (Quadro 6). Percebe-se que, de maneira geral, a correlação de cada época com a média foi alta. Daí a importância de se utilizar a média das quatro épocas – que permite a seleção de cultivares/linhagens com adaptação, em todas as épocas de cultivo – uma vez que a média de várias avaliações é mais previsível e proporciona maiores ganhos, quando se faz seleção (TAKEDA, 1990).

Ainda que os 12 cultivares/linhagens de feijoeiro pertençam à raça mesoamérica do centro de domesticação mesoamericano (SINGH, 1989), há considerável diversidade entre eles, embora sejam adaptados e, em sua maioria, aparentados.

A maior divergência da linhagem ESAL 693 era esperada, pois trata-se da única de hábito de crescimento I e é proveniente do cruzamento ('Carioca' x 'TU') x 'L-3272' (NUNES, 1997). 'Carioca' vs. 'TU' é, na verdade, um cruzamento de cuja população segregante foi selecionada uma linhagem com hábito de crescimento I, sementes de tamanho médio e portadora do alelo Co.5, de resistência a *Colletotricum lindemuthianum*. 'TU' é uma linhagem mexicana e fonte do alelo de resistência Co.5, enquanto 'L-3272' é uma linhagem mutante do cultivar Milionário. Assim,

é de se esperar que a linhagem ESAL 693 possua a menor proporção de alelos do cultivar Carioca, em comparação aos demais cultivares/linhagens avaliados, apesar de apresentar o tipo de grão semelhante ao de 'Carioca'. Por sua vez, o cultivar Ouro Negro (o único que apresenta sementes pretas) é originário de uma introdução de Honduras (Quadro 1) e não tem parentesco com 'Carioca'. Possui ainda elevado potencial produtivo e hábito de crescimento III, sendo, portanto, diferente em vários caracteres agronômicos, dos demais cultivares/linhagens. Nesse sentido espera-se que as populações segregantes, provenientes de cruzamentos em que 'Ouro Negro' participa, devam possuir ampla variabilidade. No entanto, o fato

de 'Ouro Negro' possuir sementes pretas impõe dificuldades à seleção de linhagens com tipo de grãos semelhantes aos de 'Carioca', o qual tem melhor aceitação comercial no sudeste brasileiro.

Os 10 cultivares/linhagens restantes ocorreram em um único grupo, e as populações provenientes de inter cruzamentos biparentais entre eles devem apresentar menor variabilidade. Embora todos sejam portadores de sementes do tipo Carioca, as linhagens CI-128 e CI-21 foram selecionadas em população segregante proveniente de um programa de seleção recorrente, formado por 12 genitores adaptados à região sul de Minas Gerais, incluindo cultivares do tipo Carioca, com diferentes hábitos de crescimento,

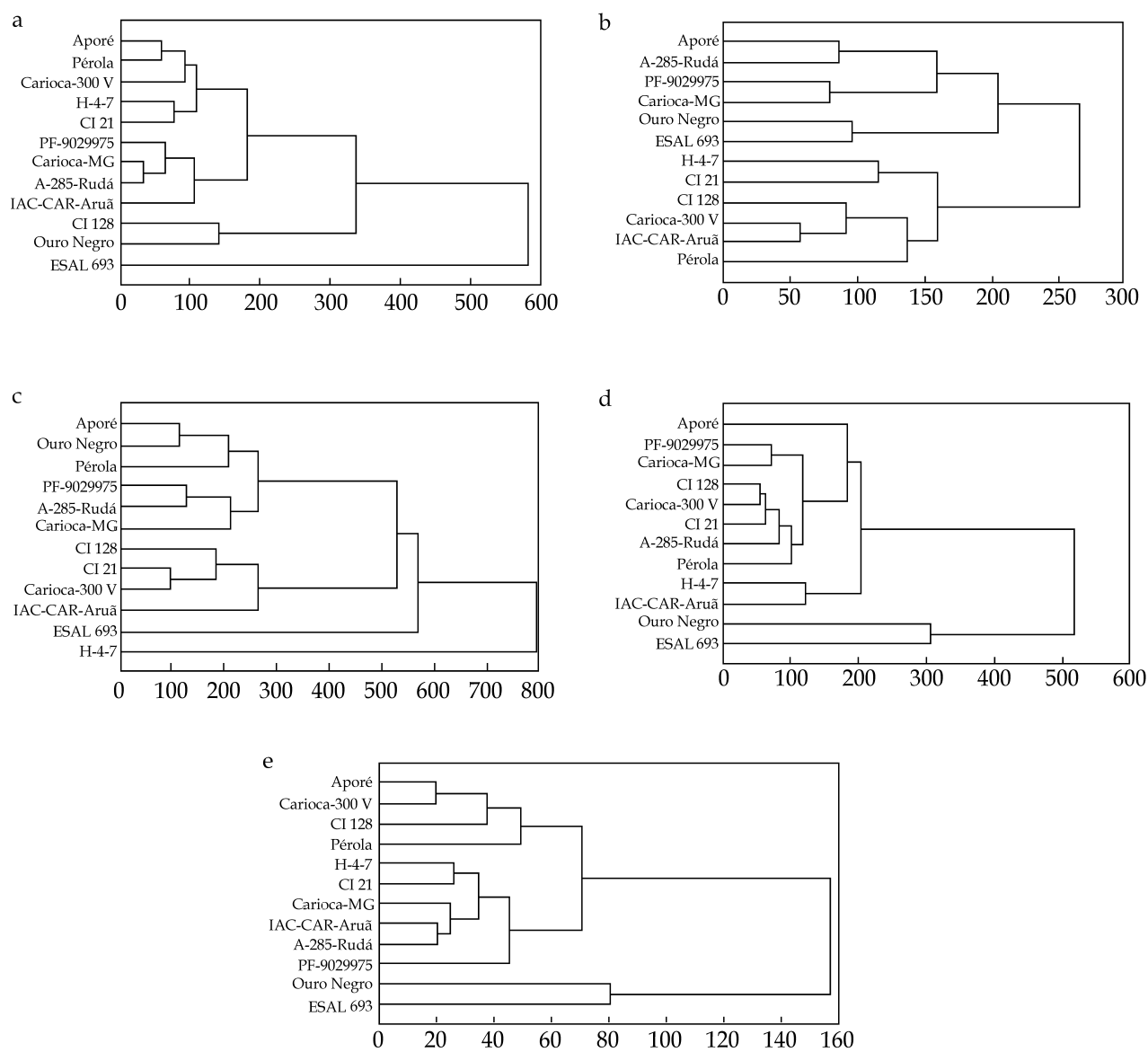


Figura 1. Dendrogramas construídos a partir das distâncias de Mahalanobis (D^2) - a: inverno/97; b: águas 97/98; c: seca/98; d: inverno/98; e: análise conjunta das quatro épocas, utilizando-se o método do UPGMA.

Quadro 5. Contribuição relativa percentual dos caracteres para a divergência (D^2) analisada com base no critério de SINGH (1981) entre 12 cultivares/linhagens de feijoeiro avaliados no inverno/97, águas97/98, seca/98 e na análise conjunta das quatro épocas (média). Lavras (MG), 1997/98

Características	Inverno/97	Águas 97/98	Seca/98	Inverno/98	Média
Produção	1,42	6,55	3,42	4,12	2,67
Massa de cem sementes	2,81	0,29	35,66	1,64	30,63
Florescimento	18,30	26,94	28,30	54,90	26,43
Porte	20,69	9,98	0,02	1,12	6,82
N ^o de vagem/planta	3,71	7,28	7,77	7,59	0,77
N ^o de sementes/vagem	8,56	3,19	7,66	5,04	6,81
N ^o de internódios	15,33	19,36	10,25	13,15	11,94
Inserção da 1 ^a vagem	23,64	4,37	2,90	1,37	3,51
N ^o de ramos	1,23	2,34	0,44	2,41	1,39
Haste principal	4,31	19,70	3,58	8,66	9,03

Quadro 6. Coeficiente de correlação de posição (Spearman) entre as distâncias de Mahalanobis (D^2) correspondente ao inverno/97, águas97/98, seca/98, inverno/98 e na análise conjunta das quatro épocas (média). Lavras (MG), 1997/98

	Inverno/97 ⁽¹⁾	Águas/98 ⁽¹⁾	Seca/98 ⁽¹⁾	Inverno/98 ⁽¹⁾	Média ⁽¹⁾
Inverno/97		0,52**	0,60**	0,55**	0,81**
Águas97/98			0,57**	0,55**	0,74**
Seca/98				0,43**	0,72**
Inverno/98					0,78**
Média					

⁽¹⁾ significativo ao nível de 1% pelo teste de t.

e, inclusive, do grupo com grãos pretos. O cultivar Pérola é uma linha selecionada dentro do cultivar Aporé, o qual é, também, uma seleção dentro de uma população segregante (Quadro 1). Espera-se, portanto, que sejam muito semelhantes. A linhagem PF-9029975 também se mostrou promissora para gerar populações com variabilidade genética, quando cruzada com o restante dos cultivares/linhagens menos divergentes representados na figura 1. Vale ressaltar que 'PF-9029975' e o cultivar Carioca MG são provenientes do cruzamento entre 'Carioca 80' e 'Rio Tibagi', que são linhagens selecionadas de famílias irmãs. Entretanto, a população de 'Carioca 80' x 'Rio Tibagi' possui ampla variabilidade e, conseqüentemente, é possível a seleção de linhagens divergentes. Assim, as populações segregantes provenientes de 'PF-9029975' também são promissoras para a seleção de linhagens com grãos do tipo Carioca, hábito de crescimento II ou III e elevado potencial produtivo. Por sua vez, 'A-285 Rudá' é proveniente do cruzamento entre 'Carioca' e 'Rio Tibagi' (linhagens selecionadas de famílias irmãs), cuja população também possui variabilidade e deve ser explorada na seleção de linhagens

divergentes. A divergência de 'IAC Carioca Aruã' é explicada pelo fato de ter este, entre seus genitores, o cultivar Cornell 49242, o qual possui sementes pretas e hábito de crescimento III, e a linhagem AB136 que, além de não ser adaptada às nossas condições, possui hábito de crescimento IV e grãos vermelhos. Portanto, ambos são diferentes do cultivar Carioca em vários caracteres agrônômicos.

'H-4-7' é descendente do cruzamento entre 'EMGOPA 201 Ouro' e 'Carioca'. Por outro lado, os cultivares/linhagens do grupo 2, classificados pela distância de Mahalanobis (D^2), são provenientes de cruzamentos com 50% ou mais, de alelos do cultivar Carioca ou são linhagens selecionadas dentro do próprio 'Carioca', como é o caso de 'Carioca 300V'. Ainda assim, tais cultivares/linhagens apresentam divergência. O cultivar Aporé é uma seleção dentro da população segregante ('Carioca' x 'México 168') x ('Carioca' x 'Bat 76') (Quadro 1) e apresenta grãos do tipo Carioca. Assim, embora 11 dos 12 cultivares/linhagens apresentem grãos do tipo Carioca, possuem origens diferentes e indicam a possibilidade de ampla segregação, em alguns cruzamentos (Quadro 4).

Vários pesquisadores têm utilizado as técnicas multivariadas para estimar a divergência genética, com a finalidade de reduzir os esforços na obtenção de híbridos e concentrá-los nas combinações mais promissoras. Especificamente com a cultura do feijoeiro, vale ressaltar o trabalho de ABREU (1997) que estimou a divergência genética pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e verificou que a divergência não foi uma boa medida na escolha de genitores visando a produtividade de grãos, pois os materiais mais divergentes não eram adaptados. Por outro lado, MIRANDA (1998) avaliou a diversidade genética na soja pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e concluiu que a técnica permitiu identificar diversidade genética entre os cultivares estudados.

DIAS e KAGEYAMA (1997b) também estimaram distâncias genéticas entre cultivares de cacau, usando a distância de Mahalanobis (D^2). Os autores constataram que a distância genética entre cultivares mostrou-se linearmente associada ao desempenho médio dos híbridos e à heterose para os principais componentes de produção, havendo relação positiva entre distância genética dos cultivares e efeitos de capacidade de combinação. Finalmente concluíram que as estimativas de diversidade genética permitiram selecionar genitores mais promissores.

O uso de medidas de divergência para a escolha de genitores tem permitido identificar combinações híbridas superiores aos genitores. Contudo, o fato de dois genitores serem divergentes não implica necessariamente superioridade de seus híbridos, conforme relata FERREIRA (1993), em estudo sobre milho, e SARAWAT et al. (1994), em estudo de ervilha. Por outro lado, OLIVEIRA (1995) relata que a média de uma população segregante depende da frequência dos locos fixados com alelos favoráveis e da frequência de locos em heterozigose. Quando os genitores utilizados são adaptados, como neste estudo, a frequência de locos favoráveis fixados é alta.

Os cultivares/linhagens considerados mais divergentes e, portanto, potenciais para a obtenção de populações segregantes, são 'ESAL 693' e/ou 'Ouro Negro'. Em seguida, devem ser usados os materiais do grupo II, de acordo com os objetivos do programa de melhoramento. Entretanto, dentro desse grupo, alguns cruzamentos também prometem formar populações segregantes divergentes, como 'PF-9029975' e 'CI-128', 'H-4-7' e 'Pérola', e 'PF-9029975' e 'Pérola' (Quadro 4).

Observa-se, no quadro 5, que MS, FL e NI foram os caracteres que mais contribuíram para a divergência, com 69% da variação, em se tratando das médias das quatro épocas. O caráter mais importante para o

feijoeiro, PD, teve pequena contribuição (2,67%), conforme já mencionado. A explicação para tal resultado é a homogeneidade entre os cultivares/linhagens estudados comprovada pela falta de variabilidade para esse caráter, demonstrada pela análise conjunta. Consta-se, assim, que a escolha de genitores por meio da distância de Mahalanobis (D^2) classifica as populações segregantes com maior potencial de variabilidade, segundo os caracteres agronômicos, com ênfase em alguns de maior variação genética. Considerando que os programas de melhoramento visam à seleção de linhagens – a partir de um conjunto de caracteres agronômicos – os presentes resultados permitem escolher as populações mais promissoras para a seleção, ainda que utilizando cultivares/linhagens aparentados, portanto homogêneos.

4. CONCLUSÕES

1. As distâncias de Mahalanobis (D^2) classificaram os cultivares/linhagens em dois grupos. O grupo I, formado por dois cultivares/linhagens (ESAL 693 e Ouro Negro), e o grupo II, formado pelos cultivares/linhagens restantes (PF-9029975, A-285 Rudá, IAC Carioca Aruã, Carioca MG, CI-21, H-4-7, Pérola, CI-128, Carioca 300V e Aporé);

2. Os caracteres que mais contribuíram para a divergência, calculada com a média das quatro épocas, foram: massa de cem sementes, número de dias para o florescimento, número de internódios e comprimento da haste principal, enquanto a produção de grãos contribuiu com apenas 2,67 de variação, em virtude da ausência de variabilidade para esse caráter, demonstrada na análise conjunta;

3. A distância de Mahalanobis (D^2) mostrou-se útil, permitindo a classificação das populações segregantes com maior potencial de variabilidade mesmo quando provenientes de genitores formados por cultivares/linhagens aparentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B. *Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais*. Lavras, 1997. 79p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – UFLA.
- ANAND, I.J.; RAWAT, D.S. Genetic diversity combining ability and heterosis in brown mustard. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.44, p.226-234, 1984.
- CRUZ, C.D. *Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 1997. 442p.
- CRUZ, C.D.; CARVALHO, S.P.; VENCOSKY, R. Estudos sobre divergência genética. II. Eficiência da predição do comportamento de híbridos com base na

- divergência de progenitores. *Revista Ceres*, Viçosa, v.41, n.234, p.183-190, 1994.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- DIAS, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. Temporal stability of multivariate genetic in cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia conditions. *Euphytica*, Dordrecht, v.93, p.181-187, 1997a.
- DIAS, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.20, n.1, p.63-70, 1997b.
- DIAS, L.A. Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A.C. (ed.) *Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.405-475.
- FERREIRA, D.F. *Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos*. Lavras, 1993. 72p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.
- FERREIRA, D.F.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L.H. Comparações múltiplas em experimentos com grande número de tratamentos - utilização do teste de Scott-Knott. *Ciência Agrotécnica*, v.23, n.3, p. 745-752, 1999.
- GHADERI, A.; ADAMS, M.W.; NASSIB, A.M. Relationship between genetic distance and heterosis for yield and morphological traits in dry edible bean and fava bean. *Crop Science*, Madison, v.14, n.1, p.24-27, 1984.
- JAIN, A.K.; BHAGAT, N.K.; TIWART, A.S. Genetic divergence in finger millet. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.41, p.346-348, 1981.
- JAIN, K.C.; PANDYA, B.P.; PANDE, K. Genetic divergence in chickpea. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.41, p.220-225, 1981.
- MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in F₁ hybrids. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.3, p.453-460, 1983.
- MIRANDA, G.V. *Diversidade genética e desempenho de cultivares de soja como progenitores*. Viçosa, 1998. 117p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.
- MSTAT-C. A software program for the design, management, and analysis of agronomic research experiments. East Lansing: Michigan State University, USA, 1991.
- NUNES, G.H.S. *Seleção de famílias de feijoeiro adaptadas às condições de inverno do Sul de Minas Gerais*. Lavras, 1997. 48p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras.
- OLIVEIRA, L.B. Alternativas na escolha dos parentais em um programa de melhoramento do feijoeiro. Lavras, 1995. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras.
- SAMUDDIN, A.K.M. Genetic diversity in relation to heterosis and combining ability in springwheat. *Theoretical Applied Genetics*, Berlin, v.70, p.306-308, 1985.
- SANTOS, J.B. dos. *Controle genético de caracteres agrônômicos e potencialidade de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) para o melhoramento genético*. Piracicaba, 1984. 223p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.
- SARAWAT, P.; STODDARD, F.L.; MARSHALL, D.R. Genetic distance and its association with heterosis in peas. *Euphytica*, Wageningen, v.73, n.4, p.255-264, 1994.
- SAS. *SAS language and procedures: Usage Statistics* SAS Institute. Version 6, 1st ed. Cary, North Carolina, 1995. 373p.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Raleigh, v.30, p.507-512, 1974.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.41, n.2, p.237-245, 1981.
- SINGH, S.P. Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, Bronx, v.48, n.1, p.39-57, 1989.
- SINGH, T.H.; GILL, S.S. Genetic diversity in upland cotton under different environments. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.44, p.506-513, 1984.
- SINGH, S.; GUPTA, P.K. Genetic divergence in pearl millet. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.39, p.210-215, 1979.
- SMITH, D.F.; SMITH, J.S.C. *Prediction of heterosis using pedigree relationship, biochemical and morphological data*. In: ANNUAL ILLINOIS CORN BREEDERS SCHOOL, 23rd. Illinois, 1987. p1-21.
- STATISTICA. *STATISTICA for Windows*. Release A. Copyright © StatSoft, Tulsa, 1984-1995.
- TAKEDA, C. *Avaliação de progênies de feijoeiro do cruzamento 'ESAL-501' x 'A 354' em diferentes densidades de plantio*. Lavras, 1990. 82p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- VARMA, N.S.; GULATI, S.C. Genetic divergence in 2-rowed and 6-rowed barley. *Indian Journal Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, v.42, p.314-318, 1982.