

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE CULTIVARES DE FEIJÃO AVALIADA EM SISTEMAS DIALÉLICOS DESBALANCEADOS DE MEIA-TABELA E CIRCULANTE¹

Antonio Oliveira Junior²
Glauco Vieira Miranda³
Cosme Damião Cruz⁴

1. INTRODUÇÃO

O planejamento e a execução de um programa de melhoramento necessitam de uma série de informações da espécie a ser melhorada, dos métodos de melhoramento e das metodologias de análises. Dentre os métodos de análises genéticas, os estudos por meio de cruzamentos dialélicos têm particular importância para o melhoramento genético.

O desenvolvimento de cultivares que incorporem combinações de características superiores e que satisfaçam às exigências agronômicas depende, diretamente, da capacidade de se identificarem genótipos superiores na população sob seleção.

WHITEHOUSE *et alii* (21) ressaltam que a escolha dos progenitores, para a realização de cruzamentos objetivando progressos genéticos em programas de melhoramento, deve ser feita com base nas altas produtividades e no valor das progênies.

O comportamento de um progenitor numa combinação híbrida, segundo diversos autores citados por CRUZ (6), é determinado indiretamente

¹ Extraído da tese de M.S. do primeiro autor. Aceito para publicação em 27.9.1996.

² Agroflora S.A. Cx. Postal 427. CEP 12900-000. Bragança Paulista, SP.

³ Bolsista da Capes. Estudante pós-graduado da UFV.

⁴ Universidade Federal de Viçosa. Dep. de Biologia Geral. 36571-000. Viçosa, MG.

pela capacidade combinatória geral, uma vez que tem sido observado alto grau de correlação entre essas características.

Segundo GARDNER e EBERHART (9), por meio de estudos utilizando cruzamentos dialélicos, o melhorista de plantas busca a tomada de decisões concernentes à seleção de materiais que mostrem características superiores.

Diversas metodologias de cruzamentos dialélicos têm sido propostas. Dentre elas, destacam-se os trabalhos de JINKS e HAYMAN (13), HAYMAN (12), GRIFFING (11), KEMPTHORNE e CURNOW (14) e GARDNER e EBERHART (9).

Vários trabalhos têm sido realizados por diversos autores, para comparar a eficiência dos esquemas de dialelos. Por meio de estudos teóricos, KEMPTHORNE e CURNOW (14) compararam os delineamentos I e II de COMSTOCK e ROBINSON (5) e o delineamento III, de ROBINSON *et alii* (19), com o esquema de dialelo circulante, obtendo este superioridade sobre os delineamentos I e II e inferioridade em relação ao III.

Por meio de aplicação de metodologias de análise dialélica na cultura do feijão, já foram identificados progenitores superiores em relação a vários caracteres de interesse agrônômico (1, 3, 4, 8, 17 e 20).

O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de cruzamentos dialélicos, as capacidades geral e específica de combinação de sete progenitores de feijão e comparar a eficiência de metodologias de análise de dialelos circulantes e de meia-tabela desbalanceados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dois grupos de cultivares de feijão, sendo um oriundo do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e outro de cultivares utilizados no Brasil. O número, o nome, o grupo, a cor da flor, a cor do grão, o tipo de hábito de crescimento, a genealogia e o país de origem encontram-se no Quadro 1.

Por meio de cruzamentos artificiais, entre cada par de cultivares progenitores, obtiveram-se 11 combinações híbridas F1, que foram avaliadas juntamente com seus sete progenitores, em delineamento inteiramente casualizado em casa de vegetação (Quadro 2).

Os caracteres avaliados, com base no valor médio das duas plantas, foram os seguintes: comprimento de planta (COP): distância entre o nível do solo, no vaso, e a extremidade da planta, expresso em centímetros; número de vagens por planta (NVP); e peso de sementes por planta (PSP) em gramas.

A metodologia de análise para o dialelo circulante desbalanceado foi

QUADRO 1 - Descrição de algumas características dos cultivares utilizados no estudo, em Viçosa-MG, de 1990 a 1992

Número ¹	Nome	Grupo ²	Cor da flor	Cor do grão	Tipo háb. de cresc.	Genealogia	País de origem
1994	Diacol Andino	1	Branca	Róseo c/ estrias vermelhas	III	Sanchez x Estrada Rosado	Colômbia
1997	ICA Lhanogrande	1	Violeta	Creme c/ estrias roxas	III	-	-
1998	ICA Tundama	1	Branca	Vermelho rajado	I	Peru 5 x Porto	Colômbia
2000	Rojo 70	1	Branca	Vermelho	III	(Rojo de Seda)	El Salvador
1719	Rio Tibagi	2	Violeta	Preto	II	(S-89-N)	Costa Rica
1030	Carioca	2	Branca	Creme c/ estrias marrons	III	-	Brasil
2054	Roxo	2	Branca	Roxo	III	-	Brasil

¹ Número do banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa, UFV

² Grupo: 1-Introduzido do CIAT; 2-Comercial nacional.

utilizada de acordo com OLIVEIRA JUNIOR (18) e, para o dialelo de

As análises de variância indicaram diferenças significativas ($F < 0,01$ ou $P < 0,05$) entre as médias de tratamentos e os efeitos das capacidades geral e específica de combinação para todos os caracteres nos dois esquemas de análises dialélicas, exceto para CEC do número de vagem por planta no dialelo circulante (Quadros 2 e 3).

Em ambos os esquemas de análises dialélicas, os quadrados médios da CGC foram superiores aos da CEC (Quadros 2 e 3). Segundo ALLARD (2), isso indica que o material que está sendo trabalhado é heterogêneo. Além disso, GRIFFING (11) afirma que a CGC de indivíduos de uma população em equilíbrio de ligação ocorre em razão das variâncias genéticas aditiva e epistática aditiva x aditiva, e a CEC devido às variâncias genéti-

QUADRO 2 - Resumo das análises de variâncias (ANOVA); quadrados médios das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC); médias gerais; e dos coeficientes de variação (CV) do dialelo desbalanceado circulante, em relação ao comprimento de planta (COP), número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP)

FV	GL	QM		
		COP	NVP	PSP
Tratamento	(13)	13574,41**	34,52**	81,64**
CGC	6	26146,19**	57,17**	107,24**
CEC	7	2798,61**	15,11ns	59,69**
Resíduo	47	536,83	8,03	13,22
Média Geral		105,53	12,31	15,43
CV (%)		21,95	23,01	23,57

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

ns: Não-significativo ($P > 0,05$).

QUADRO 3 - Resumo das análises de variância, quadrados médios das capacidades geral e específica de combinação, médias gerais e coeficientes de variação (CV) do dialelo desbalanceado meia-tabela em relação ao comprimento de planta (COP), número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP)

FV	GL	QM		
		COP	NVP	PSP
Tratamento	(9)	7497,93**	61,42**	66,52**
CGC	3	19030,71**	137,04**	86,75**
CEC	6	1731,56*	23,60**	56,40**
Resíduo	47	624,82	6,78	14,77
Média Geral		90,08	13,13	16,11
CV (%)		27,75	19,84	23,84

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

ns: Não-significativo ($P > 0,05$).

cas dominantes e a outros tipos de epistasia. Por isso e pelo tipo de cultura envolvida no estudo, os métodos de melhoramento que tiram vantagem da porção aditiva poderão ser empregados, objetivando maiores ganhos, por intermédio da seleção.

A comparação entre as médias, para o caráter peso de sementes por planta do dialelo circulante, indicou que, dentre os progenitores, Diacol Andino e Carioca apresentaram, respectivamente, a maior e a menor média; dentre os híbridos, os melhores foram ICA Lhanogrande x Rio Tibagi e ICA Lhanogrande x ICA Tundama (Quadro 4). Para o dialelo de meia-tabela, considerando-se o mesmo caráter, a maior e a menor média, respectivamente, ocorreram para Diacol Andino e ICA Tundama, e o melhor híbrido foi Rojo 70 x Rio Tibagi (Quadro 5).

No Quadro 6, nota-se que o efeito da CGC para o caráter comprimento de planta (COP) apresentou valores positivos para o cultivar Diacol Andino nos dois esquemas dialélicos, e para o ICA Lhanogrande no dialelo circulante desbalanceado (DC). O cultivar Roxo mostrou o maior valor negativo, indicando que a sua contribuição ocorreu para a redução do

QUADRO 4 - Valores médios de comprimento de planta (COP), número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP) no dialelo circulante desbalanceado

Tratamento	COP (cm)	NVP	PSP (g)
Diacol Andino (A)	170,70 ab	12,50 b	20,50 ab
ICA Lhanogrande (B)	220,70 a	10,40 b	17,75 abcd
ICA Tundama (C)	48,30 de	10,20 b	12,95 bcde
Rojo 70 (D)	94,60 cde	10,80 b	16,80 abcd
Rio Tibagi (E)	53,50 de	20,10 a	19,20 abc
Carioca (F)	99,80 cd	10,60 b	10,75 de
Roxo (G)	61,30 de	11,60 b	11,25 cde
A x E	126,67 bc	11,67 b	13,83 abcde
A x G	44,87 e	14,25 ab	13,12 abcde
B x C	141,80 bc	10,30 b	19,65 ab
B x E	156,25 b	14,00 ab	21,75 a
C x D	47,50 de	9,50 b	4,50 e
D x F	116,25 bc	13,87 ab	15,75 abcd
F x G	59,87 de	11,50 b	10,94 cde

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

COP. Para o número de vagem por planta (NVP), o efeito da CGC somente foi positivo para o Rio Tibagi, em ambos os sistemas dialélicos. Para o caráter peso de semente por planta (PSP), os cultivares com melhor potencial para o aumento do caráter foram Diacol Andino e Rio Tibagi nos dois esquemas de dialelos, e ICA Lhanogrande no DC. Observa-se, portanto, que o cultivar Rio Tibagi mostrou redução no COP e aumento do NVP e PSP, e que Diacol Andino, ICA Lhanogrande e Rio Tibagi podem ser utilizados na formação de população-base visando aumentos simultâneos no número de vagens e no peso de sementes por planta.

As estimativas dos efeitos da CEC para o COP mostraram que os híbridos Diacol Andino x Roxo, Diacol Andino x ICA Tundama, ICA Tundama x Rojo 70 e Carioca x Roxo contribuíram para a redução do COP, em relação ao que seria esperado com base na CGC (Quadro 7). Quanto à redução do COP, verificou-se também que as menores médias observadas, em valor absoluto, foram apresentadas pelos híbridos em que

QUADRO 5 - Valores médios de comprimento de planta (COP), número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP), no dialelo meia-tabela desbalanceado

Tratamento	COP (cm)	NVP	PSP (g)
Diacol Andino (A)	170,70 a	12,50 bcd	20,50 a
ICA Tundama (C)	48,30 d	10,20 cd	12,95 ab
Rojo 70 (D)	94,60 bcd	10,80 cd	16,80 a
Rio Tibagi (E)	53,50 d	20,10 a	19,20 a
A x C	64,80 d	8,60 d	14,15 ab
A x D	131,25 ab	13,75 bcd	15,06 ab
A x E	126,67 abc	11,67 bcd	13,83 ab
C x D	47,50 d	9,50 cd	4,50 b
C x E	68,75 cd	17,87 ab	15,50 ab
D x E	87,80 bcd	14,60 abc	20,40 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUADRO 6 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação dos progenitores nos dialelo circulante (DC) e meia -tabela (DD), desbalanceados, em relação ao comprimento de planta (COP), número de vagens por planta (NVP) e peso de sementes por planta (PSP)

Tratamento	COP		NVP		PSP	
	DD	DC	DD	DC	DD	DC
Diacol Andino	34,81	24,94	-0,91	-0,07	1,00	1,54
ICA Lhanogrande	-	61,02	-	-1,02	-	2,41
ICA Tundama	-27,39	-29,74	-1,51	-1,14	-2,52	-1,40
Rojo 70	2,75	-4,50	-0,98	-0,40	-0,19	0,14
Rio Tibagi	-11,29	-21,22	3,29	3,22	1,60	1,63
Carioca	-	-1,49	-	-0,44	-	-1,94
Roxo	-	-34,34	-	-0,02	-	-0,40

QUADRO 7 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij} e s_{jj}) das combinações híbridas, acima da diagonal, e médias observadas e preditas, abaixo da diagonal, para comprimento de planta

Progênes A	B	C	D	E	F	G	ED ^{2/}
A	10,29	-32,70	3,60	13,07	-	-51,26	DD
B	15,28	-	-	-	-	-	DC
C	191,49 *	-6,87	5,00	10,92	-	-	DD
D	100,73	141,80	-17,94	17,35	-	-	DC
E	125,97 *	162,05 *	-0,98	6,26	16,71	-	DD
F	126,67 +	156,25 +	-1,92	-	-	-	DC
G	128,98 *	165,06 *	79,81 *	-13,99	-	-	DD
	44,81 +	132,21 *	47,50 +	-9,59	-	-	DC
			116,25 +	82,82 *	-2,75	-9,83	DD
			66,69 *	49,08 *	59,87 +	24,44	DC

1/ A - Diacol Andino; B - ICA Lhanogrande; C - ICA Tundama; D - Rojo 70; E - Rio Tibagi; F - Carioca; G - Roxo.

2/ DD: Dialelo de meia-tabela desbalanceado (GRIFFING (11), adaptado por MARTINS FILHO *et al.*(16)).

DC: Dialelo circulante desbalanceado (adaptado de KEMPTHORNE e CURNOW (14)).

+ : Média observada; * : Média predita pelo dialelo circulante desbalanceado.

pelo menos um dos progenitores mostrou efeito negativo de CGC (ICA Tundama e Roxo).

Para o número de vagens por planta, os efeitos da CEC mostraram baixa variabilidade, porém destacaram-se os híbridos ICA Tundama x Rio Tibagi, Diacol Andino x Roxo e Rojo 70 x Carioca, com tendência a aumentar o NVP (Quadro 8).

Com relação ao peso de sementes por planta, os efeitos da CEC mostraram variabilidade e os híbridos que mais contribuíram para o aumento de PSP foram: ICA Lhanogrande x ICA Tundama, Rojo 70 x Rio Tibagi, ICA Lhanogrande x Rio Tibagi, Rojo 70 x Carioca e ICA Tundama x Rio Tibagi (Quadro 9).

Como a maior produção de grãos é uma das características mais desejadas pelos melhoristas, procuram-se os melhores híbridos, ou seja, os que apresentam alta CEC, envolvendo progenitores de alta CGC; portanto, os híbridos de Diacol Andino, ICA Lhanogrande ou Rio Tibagi como progenitores terão maior valor. Assim, destacaram-se os híbridos ICA Lhanogrande x ICA Tundama, ICA Lhanogrande x Rio Tibagi, ICA Tundama x Rio Tibagi e Rojo 70 x Rio Tibagi, pois são os de efeito positivo de CEC, devendo ter potencial genético superior aos dos demais (Quadros 6 e 9).

As médias observadas do caráter PSP (Quadro 9) foram superiores nos híbridos ICA Lhanogrande x Rio Tibagi e ICA Lhanogrande x ICA Tundama, embora o valor do efeito genético da CEC mostrado pela média do segundo cruzamento tenha sido maior. Entretanto, a média do híbrido ICA Lhanogrande x Rio Tibagi foi sustentada pelos efeitos positivos de CGC dos progenitores ICA Lhanogrande e Rio Tibagi.

O esquema de análise dialélica circulante, proposto por KEMPTHORNE e CURNOW (14), permite a predição de combinações híbridas ainda não avaliadas no delineamento experimental. Dentre os híbridos preditos, quanto ao caráter COP, merecem destaque os seguintes: ICA Tundama x Rio Tibagi, Rojo 70 x Rio Tibagi, Rio Tibagi x Roxo e Rio Tibagi x Carioca (Quadro 6), por contribuírem para a redução do COP, tendo em comum o progenitor Rio Tibagi, que apresentou efeito negativo para CGC. Para o caráter NVP (Quadro 8), destacaram-se os híbridos ICA Tundama x Rio Tibagi, Rojo 70 x Rio Tibagi, Rio Tibagi x Roxo e Rio Tibagi x Carioca, que têm em comum, também, o progenitor Rio Tibagi, contribuindo para o aumento do número de vagens por planta. Com relação ao aumento do caráter PSP (Quadro 9), dentre os híbridos preditos, merece destaque o Diacol Andino x ICA Lhanogrande. Há uma potencialidade nessa combinação híbrida, quanto ao aumento da produção de grãos, por ser sustentada pelos valores positivos dos efeitos de CGC dos progenitores Diacol Andino e ICA Lhanogrande.

QUADRO 8 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij} e s_{ij}) das combinações híbridas, acima da diagonal, e médias observadas e preditas, abaixo da diagonal, para número de vagens por planta

Progênes	A	B	C	D	E	F	G	ED ^{2/}
A	1,20	-	-2,10	2,51	-3,84	-	-	DD
B	0,33	-	-	-	-3,79	-	2,03	DC
C	11,22 *	0,13	0,15	-	-0,51	-	-	DD
D	11,10 *	10,30	0,09	-1,13	2,97	-	-	DC
E	11,84 *	10,89 *	9,50 +	-0,36	-0,84	2,41	-	DD
F	11,67 +	14,00	14,39 *	-0,71	0,39	-	-	DC
G	11,80 *	10,85 *	10,73 *	13,87 +	15,0	-0,82	-0,35	DD
	14,25 +	11,27 *	11,15 *	11,89 *	9 *	-	-	DC
					15,5	11,50	-0,67	DD
					1 *	+		DC

1/ A- Diacol Andino; B- ICA Lhanogrande; C- ICA Tundama; D- Rojo 70; E- Rio Tibagi; F- Carioca; G- Roxo.

2/ DD: Dialelo de meia-tabela desbalanceado (GRIFFING (11), adaptado por MARTINS FILHO *et al* (16))

DC: Dialelo circulante desbalanceado (adaptado de KEMPTHORNE e CURNOW (14)).

+: Média observada; *: Média predita pelo dialelo circulante desbalanceado.

A eficiência da predição de combinações híbridas, segundo metodologia proposta por KEMPTHORNE e CURNOW (14), foi comprovada em estudos com milho desenvolvidos por MARTINS (15), GONÇALVES (10) e DANTAS (7).

O dialelo desbalanceado com sete progenitores, utilizado neste estudo, exigiria 42 combinações híbridas pelo dialelo completo, e 21 pelo dialelo de meia-tabela envolvendo todos os cruzamentos possíveis; enquanto, por meio do dialelo circulante desbalanceado, foram necessárias $ps/2$ combinações híbridas (para $s = 2$, devem-se ter sete combinações híbridas que correspondem a 33,33% do dialelo de meia-tabela) que foram diretamente avaliadas. Além disso, a partir desses híbridos é possível prever que $[p(p-s-1)/2] = 14$ combinações híbridas potenciais (66,66% do dialelo de meia-tabela), por meio das estimativas de CEC (Quadros 7, 8 e 9). Desse modo, com relação ao dialelo completo, a prática revela que para um mesmo número total de cruzamentos, o dialelo circulante permite a avaliação de um maior número de progenitores. Isso resultará na possibilidade de uma maior intensidade de seleção com base na capacidade geral de combinação, freqüentemente compensando a menor precisão com que cada progenitor é geralmente testado no dialelo circulante.

Verificou-se que o esquema de dialelo circulante desbalanceado foi mais eficiente, por ter fornecido informações da CGC de mais três progenitores com apenas uma combinação híbrida a mais, além de confirmar as informações da CGC dos quatro progenitores incluídos no dialelo de meia-tabela desbalanceado, utilizando um menor número de combinações híbridas.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivando-se avaliar os aspectos metodológico e aplicado foram obtidas informações na geração F1, utilizando-se a cultura do feijão. Foram avaliadas 11 combinações híbridas, obtidas de cruzamentos compatíveis entre sete progenitores (Diacol Andino, ICA Lhanogrande, ICA Tundama, Rojo 70, Rio Tibagi, Carioca e Roxo), por meio dos esquemas de análises de cruzamentos dialélicos desbalanceados circulante e de meia-tabela. As combinações híbridas F1 e os progenitores foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com número de repetições por tratamento variável, e em casa de vegetação. Foram avaliados os caracteres comprimento de planta, número de vagens por planta e peso de sementes por planta. Foram comparados os esquemas de análises dialélicas circulante e de meia-tabela, desbalanceados, sob os aspectos metodológico e apli-

cado. As conclusões foram: o esquema de dialelo circulante desbalanceado foi mais eficiente, por ter fornecido informações da CGC de mais três progenitores com, apenas, mais uma combinação híbrida, além de confirmar as informações da CGC dos quatro progenitores, incluídos no dialelo de meia-tabela desbalanceado; as estimativas dos quadrados médios dos efeitos da CGC foram superiores às da CEC, para todos os caracteres, e os progenitores Diacol Andino, ICA Lhanogrande e Rio Tibagi são indicados para a formação da população-base, visando programas de melhoramento intrapopulacional.

5. SUMMARY

(EVALUATION OF THE COMBINING ABILITY OF DRY BEAN CULTIVARS BASED ON UNBALANCED CIRCULATING AND PARTIAL DIALLEL CROSSING SYSTEMS)

The objective of this paper was to evaluate the methodological and applied aspects of dry bean culture based on F₁ generation data. Eleven hybrid combinations from compatible crosses between seven parents (Diacol Andino, ICA Lhanogrande, ICA Tundama, Rojo 70, Rio Tibagi, Carioca and Roxo) were analyzed by comparing the unbalance circulating and partial diallel crossing systems. The F₁ hybrid combinations and the parents were arranged in a complete randomized design with varying number of replications per treatment under greenhouse conditions. The traits plant length, number of pods/plant and seed weight/plant were evaluated. It was concluded that the unbalanced circulating diallel cross system was the most efficient since it provided general combining ability (GCA) information on three other parents by using only one additional hybrid combination. It also confirmed GCA information on the four parents included in the unbalanced partial diallel cross. The estimates of the mean squares of GCA effects were superior than those of specific combining ability for all traits. The parents Diacol Andino, ICA Lhanogrande and Rio Tibagi are recommended for the formation of a basic population aiming at intrapopulation breeding programs.

6. LITERATURA CITADA

1. ALLARD, R. W. Estimation of prepotency from lima bean diallel cross data. *Agron. J.*, 48:537-543, 1956

2. ALLARD, R. W. *Princípios de melhoramento genético das plantas*. São Paulo, Edgard Blucher, 1971. 381 p.
3. BLANDÓN, S. C. *Capacidade combinatória em feijão (Phaseolus vulgaris L.): fatores que afetam sua estimativa, sua avaliação mediante testadores e sua aplicação na identificação de progenitores*. Viçosa, MG, UFV, 1991. 97p. (Tese M.S.).
4. CHUNG, J. H. & STEVENSON, E. Diallel analysis of the genetic variation in some quantitative traits in dry beans *N. Z. J. Agric. Res.*, 16: 223-231, 1973.
5. COMSTOCK, R. E. & ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and the use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, 4: 254-266, 1948.
6. CRUZ, C. D. *Análise dialélica e correlações entre caracteres em combinações híbridas de linhagens endogâmicas de milho (Zea mays L.)*. Viçosa, MG, UFV, 1983. 54p. (Tese M.S.).
7. DANTAS, A. C. V. L. *Cruzamento dialélico parcial circulante para avaliação de linhagens de milho (Zea mays L.) e predição de híbridos*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1988. 153p. (Tese M.S.).
8. DICKSON, M. H. Diallel analysis of seven economic characters in snap beans. *Crop Sci.*, 7: 121-124, 1967.
9. GARDNER, C. O. & EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. *Biometrics*, 22: 439-452, 1966.
10. GONÇALVES, P. de S. *Esquema circulante de cruzamentos para avaliação de linhagens de milho (Zea mays .) ao nível interpopulacional*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1987. 140P. (Tese D.S.).
11. GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Austr. J. Biol. Sci.*, 9: 462-493, 1956.
12. HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39: 789-809, 1954.
13. JINKS, J. L. & HAYMAN, B. I. The analysis of diallel crosses. *Maize Genet. Coop. Newslett.*, 27: 48-54, 1953.
14. KEMPTHORNE, O. & CURNOW, R. W. The partial diallel cross. *Biometrics*, 17: 229-50, 1961.
15. MARTINS, C.S. *Potencial genético de linhagens e híbridos de duas populações de milho (Zea mays L.) braquítico*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1986. 143p. (Tese M.S.).
16. MARTINS FILHO, S.; CRUZ, C. D.& SEDIYAMA, C. S. Analysis of unbalanced diallel crosses. *R. Bras. Genet.*, 15: 853-869, 1992.
17. NIENHUIS, J. & SING, S. P. Combining ability analyses and relationships among yield, yield components, and architectural traits in dry bean. *Crop Sci.*, 26: 21-27, 1986.
18. OLIVEIRA JÚNIOR, A. *Metodologias de análise de dialelos circulante e de meia-tabela desbalanceados e correlações inter e intrapopulacionais: exemplo com a cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. Viçosa, UFV, 1995. 136p. (Tese M.S.).
19. ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. E. & HARVEY, P. H. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.*, 41: 353-359, 1949.

20. SINGH, S. P.; TERÓN, H.; MOLINA, A.& GUTIÉRREZ, J. A. Combining ability for seed yield and its components in common bean of Andean origin. *Crop Sci.*, 32:81-84, 1992.
21. WHITEHOUSE, R. N. W.; THOMPSON, J. B.& VALLE-RIBEIRO, M. A. M. Studies on the breeding of self-pollinating cereals. II. The use of diallel cross analysis in yield prediction. *Euphytica*, 7:146-169, 1958.