

ANÁLISE GENÉTICA DE UM CRUZAMENTO DIALÉLICO EM CAUPI¹

ELIZITA MARIA TEÓFILO², FANUEL PEREIRA DA SILVA⁴, JOSÉ FERREIRA ALVES,
JOSÉ BRAGA PAIVA³, JOSÉ HIGINO RIBEIRO DOS SANTOS⁴

RESUMO - Quatro cultivares de Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) foram cruzadas em todas as combinações possíveis, incluindo os recíprocos. A análise genética foi feita segundo a metodologia de Hayman (1954), Mather & Jinks (1971) e Griffing (1956). As características estudadas foram: número de vagens por planta, comprimento da vagem, peso de 100 sementes e produção por planta. Os valores da heterose para a característica produção por planta variaram de 1,65 a 78,59% com uma média em torno de 34%. Dos quatro componentes da produção estudados, o caráter vagem por planta apresentou os maiores valores heteróticos (médios) variando de 0,22 a 43,80% e média igual a 18,67%. A variância genética não aditiva foi significativa para as características produção por planta e número de sementes por vagem, enquanto a variância genética aditiva foi observado para as características vagem por planta, comprimento da vagem e peso de 100 sementes.

Termos para indexação: *Vigna unguiculata*, heterose, capacidade combinatória.

GENETICAL ANALYSIS OF A DIALLEL CROSS IN COWPEA

ABSTRACT - Four varieties of cowpea were crossed in all possible combinations, including the reciprocals. The genetic analysis was carried out according to the methodology of (Hayman 1954), Mather & Jinks (1971) and Griffing (1956). The characters studied were; number of pods per plant, pod length, weight of 100 seeds and yield per plant. The values of heterosis for yield per plant varied from 1.65 to 78.59% with a mean value of 34%. Of the four yield components studied, the character of pods per plant exhibited the highest values of heterosis, varying from 0.22 to 43.80% and a mean of 18.67. The non additive genetic variance was found to be significant for the characters such as the yield per plant, seed number per pod, while the additive genetic variance was observed in the case of pods per plant, pod length, and weight of 100 seeds.

Index terms: *Vigna unguiculata*, heterosis, combining ability.

INTRODUÇÃO

O sucesso da utilização de sementes híbridas de primeira geração para o plantio comercial, nas culturas de milho, *Zea mays* L. e sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench., estimulou os melhoristas que trabalham com outras culturas a pesquisarem sistemas que permitam a aproveitamento da heterose resultante de cruzamento inter ou intraespecíficos. Basicamente, aquelas pesquisas têm-se concentrado na área de obtenção da macho-esterilidade de origem genética citoplasmática e também quanto aos aspectos genéticos de restauração de fertilidade

e identificação de combinações ideais entre linhagens parentais.

Antes de decidir a favor de um programa de melhoramento visando o aproveitamento de heterose em híbridos de primeira geração, o melhorista necessita saber as bases genéticas da característica a ser aproveitada. Para isto, é necessário identificar a natureza das diferenças genéticas, bem como estimar a magnitude relativa dos componentes da variância gênica inerente às características de interesse para o melhoramento.

Apesar da inexistência de sementes híbridas de Caupi para plantios comerciais, o presente estudo foi programado para estudar os aspectos relacionados com o tipo de ação gênica, estudo da herdabilidade e da capacidade combinatória em cruzamentos dialélicos completos, visando acumular informações que possam ser utilizadas, futuramente, em programas de melhoramento e de obtenção de variedades híbridas F₁ de caupi.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas como progenitoras quatro cultivares de caupi registradas no Centro de Ciências Agrárias da

¹ Aceito para publicação em 11 de maio de 1984

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau M.Sc. em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará

² Eng^o - Agr^o, M.Sc. Dep. de Fitotec. Centro de Ciências Agrárias, Univ. Fed. do Ceará, Av. Mr. Hull s/n, Caixa Postal 3038 CEP 60000 Fortaleza, CE.

³ Eng^o - Agr^o, M.Sc., Dep. de Fitotec. Centro de Ciências Agrárias, Univ. Fed. do Ceará.

⁴ Eng^o - Agr^o, Dr., Prof. do Dep. de Fitotec., CCA-UFCE.

Universidade Federal do Ceará, sob as designações: CE-1 (Seridó), CE-2 (Bengala), CE-31 (Pitiúba) e CE-366 (TVu-662). Essas quatro cultivares foram cruzadas em todas as combinações possíveis - incluindo os recíprocos.

A geração F_1 , seus recíprocos e os progenitores foram plantados em setembro de 1979, em área irrigada, de solo Franco-arenoso, na Fazenda Experimental do Vale do Curu, no município de Pentecoste, CE.

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi representada por uma fileira de 10 m de comprimento, no espaçamento de 1 m entre fileiras e 1 m entre plantas dentro da fileira.

Em cada parcela experimental, foram escolhidas aleatoriamente cinco plantas em competição, nas quais foram observadas as seguintes características:

- número de vagens por planta (VAG/PL)
- comprimento da vagem (cm) COMPRI/VAG
- número de sementes por vagem (NUM/SEM/VAG)
- peso de 100 sementes (g) (P100SEM)
- produção por planta (g) (PROD/PL)

As estimativas dos componentes de variância foram obtidas segundo metodologia de Mather & Jinks (1971), Tabelas 1 e 2. Os seguintes parâmetros foram estudados: D, H_1 , H_2 , F, $H_1/D^{1/2}$, uv, $[(4DH_1)^{1/2} + F / (4DH_1)^{1/2} - F]$, h^2 (restrito e amplo), onde:

- D - mede somente efeitos aditivos;
- H_1 e H_2 medem somente dominância;
- F - mede a frequência relativa de dominância em rela-

ção aos alelos recessivos numa população parental e a variação do nível de dominância sobre o loco;

$H_1/D^{1/2}$ - estima o grau de dominância;

uv - $1/4 H_2$ - mede o valor de uv em cada loco, tem um valor máximo de 0,25, valores, esses, que aparecem quando $u = v = 0,5$ para todos os locos;

$[(4DH_1)^{1/2} + F / (4DH_1)^{1/2} - F]$ - razão do número de alelos dominantes para os alelos recessivos;

h^2/H_2 - estima o número de grupos de genes que controla o caráter e exibe algum grau de dominância;

h^2 - herdabilidade.

O modelo proposto por Mather & Jinks (1971) foi utilizado para o cálculo das herdabilidades nos sentidos restrito e amplo, conforme expressões abaixo:

$$h^2 \text{ (restrito)} = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{2}H_2 - \frac{1}{2}F}{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F + E}$$

$$h^2 \text{ (amplo)} = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F}{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F + E}$$

A análise gráfica de W_r/V_r foi baseada no método apresentado por Jinks (1954), citado por El-Haddad (1975).

Os coeficientes de regressão e os correspondentes erros padrões foram calculados a partir dos valores de W_r e V_r .

A significância dos diversos coeficientes de regressão para as hipóteses $b = 0$ e $b = 1$, foi testada pelo teste "t" ao nível de 5% de probabilidade, com $n-2$ graus de liberdade, sendo $n = 4$.

A análise de variância para a capacidade geral e específica de combinação e efeito recíproco foi baseada no método I, modelo I de Griffing (1956), Tabela 3.

A significância dos efeitos foi determinada pelo teste "F", ao nível de 5% de probabilidade.

Os parâmetros genéticos foram estimados a partir de um só local e um só ambiente. A repetição deste estudo com outras linhas e outros ambientes poderia fornecer resultados diferentes. Outra restrição do trabalho refere-se ao número de linhas parentais utilizadas. Um maior número de linhas parentais tornaria possível aumentar o escopo da inferência do estudo, uma vez que um maior número de combinações híbridas poderia ser estudado.

TABELA 1. Análise de variância das estimativas de W_r e V_r para cruzamento dialélico (segundo Mather & Jinks 1971).

Causas de variação	G.L.	Q.M.	F
($W_r + V_r$) diferenças dos arranjos	(n-1)	V_1	V_1/V_2
($W_r + V_r$) diferenças dos blocos	n(r-1)	V_2	
($W_r - V_r$) diferenças dos arranjos	(n-1)	V_3	V_3/V_4
($W_r - V_r$) diferenças dos blocos	n(r-1)	V_4	

TABELA 2. Estimativas de V_p , \bar{V}_r , \bar{W}_r , \bar{V}_r e E em cruzamentos dialélicos (Segundo Hayman 1954, Mather & Jinks 1971).

Estimativas	Modelo
V_p	D + E
V_r	$1/4D + 1/4H_1 - 1/4F + (E + 1/2(n-1))E/n$
W_r	$1/2D - 1/4F + E/n$
V_r	$1/4D + 1/4H_1 - 1/4H_2 - 1/4F(E + 1/2(n-2))E/n^2$
E	E

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de cinco características estudadas em quatro progenitores de Cauipi, todos os híbridos F_1 e seus recíprocos são apresentados na Tabela 4. O exame desta Tabela mostra que os progenitores diferem entre si em todas as características. Os resultados da aplicação do teste de Tukey para os seis híbridos F_1 e seus recíprocos

TABELA 3. Análise de variância e esperança dos quadrados médios. Método I, modelo I (segundo Griffing 1956).

Causas de variação	G.L.	Q.M.	Esperança dos quadrados médios	
			Modelo I	F
Capacidade geral de combinação	p-1	Mg	$\sigma^2 + 2p \frac{(1)}{p-1} \sum g_i^2$	Mg/Me'
Capacidade específica de combinação	p(p-1)/2	Ms	$\sigma^2 + \frac{2}{p(p-1)} \sum_{i < j} s_{ij}^2$	Ms/Me'
Efeito recíproco	p(p-1)/2	Mr	$\sigma^2 + 2 \frac{(2)}{p(p-1)} \sum_{i < j} r_{ij}^2$	Mr/Me'
Erro	m	Ma'	σ^2	

onde:

$$Sg = \frac{1}{2p} \sum_i (X_{i.} + X_{.i})^2 - \frac{2}{p^2} X_{..}^2$$

$$Ss = 1/2 \sum_{i,j} r_{ij} (x_{ij} + x_{ji}) - \frac{1}{2p} \sum_i (X_{i.} + X_{.i})^2 + \frac{1}{p^2} X_{..}^2$$

$$Sr = 1/2 \sum_{i < j} (x_{ij} - x_{ji})^2$$

TABELA 4. Valores médios e resultados da aplicação do teste de Tukey em cinco características de progenitores, híbridos F₁ e recíprocos do cruzamento dialélico 4 x 4 em caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Pentecoste-Ceará, Brasil, 1982.

Progenitores, híbridos e recíprocos	Vag./pl	Compr. vag (cm)	Num. sem/vag	P. 100 sem (g)	Prod./pl (g)
Seridó	33,45 efgh	24,49 ef	13,93 ab	25,01 ab	113,42 bcde
Bangala	16,20 i	30,63 a	14,72 ab	27,16 a	65,13 f
Pitiúba	39,69 gh	22,52 fg	15,25 a	19,39 c	91,99 cdef
TVu 662	54,74 ab	17,24 j	11,15 c	12,50 e	80,95 bcdef
Seridó x Bangala	26,05 ghi	28,03 b	14,16 ab	26,48 a	95,02 bcdef
Bangala x Seridó	35,85 defgh	27,55 bc	14,51 ab	25,51 ab	129,39 ab
Seridó x Pitiúba	37,29 cdef	25,34 de	13,95 ab	24,71 ab	124,81 abc
Pitiúba x Seridó	32,14 fgh	25,68 de	14,49 ab	22,52 b	104,40 cde
Seridó x TVu 662	54,04 abc	21,25 hi	12,87 c	18,00 cd	126,79 abc.
TVu 662 x Seridó	57,94 a	19,88 i	13,28 b	17,08 cd	131,35 ab
Bangala x Pitiúba	24,55 hi	27,55 bc	14,99 ab	24,33 ab	88,02 def
Pitiúba x Bangala	25,74 ghi	26,40 cd	13,81 ab	22,57 b	80,00 ef
Bangala x TVu 662	43,69 cdef	23,56 fg	14,54 ab	19,29 c	119,90 abcd
TVu 662 x Bangala	47,39 abcd	23,42 fg	15,04 a	18,65 cd	129,23 abc
TVu 662 x Pitiúba	56,50 ab	21,08 i	15,62 a	15,96 d	154,43 a
Pitiúba x TVu 662	44,50 cdf	21,13 hi	15,43 a	16,57 cd	112,42 bcde

* Os valores de cada coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

mostram que, na característica peso de 100 sementes, por exemplo, as melhores combinações híbridas foram Seridó x Bengala e Bengala x Seridó. Para a característica produção por planta, as melhores médias foram obtidas nas combinações TVu-662 x Pitiúba, Tvu 662 x Seridó, Bengala x Seridó e TVu 662 x Bengala, todos superiores às médias dos pais.

Os valores de heterose para as características mencionadas apresentam-se muito variáveis. A característica produção por planta apresentou valores heteróticos positivos e diferentes de zero, com valores variando de 1,65 a 78,59%, e média em torno de 34% (Tabela 5). Para o número de vagens por planta, ocorreu o mesmo padrão de comportamento e os valores oscilam de 0,22 a 43,80%, com média de 19,47. Os dados de Singh & Jain (1972) mostram que a melhor combinação híbrida para produção de grãos em Caupi apresentou heterose em relação ao pai médio da ordem de 39%. Dos valores obtidos e comparados pelo teste "t", para a característica produção por planta (Tabela 5), apenas quatro não atingiram significância estatística ao nível de 5% de probabilidade. Para o número de vagens por planta, observa-se o mesmo padrão de comportamento.

As demais características mostram valores heteróticos negativos e positivos, evidenciando, portanto, falta de consistência dos resultados.

Embora os dados apresentados e discutidos acima tenham mostrado valores heteróticos relevantes para a característica produção por planta, o aproveitamento comercial do vigor híbrido observado torna-se problemático, uma vez que é desconhecido, para a cultura do feijão, um sistema gênico-citoplasmático de restauração, a exemplo do que ocorre nas culturas do milho e sorgo. Mesmo que esse sistema fosse disponível no feijão, a natureza cleistogâmica da flor dificultaria, por certo, os cruzamentos entre formas estéreis e férteis.

Os valores para os diferentes componentes da variância genética são apresentados na Tabela 6, e as representações, nas Fig. 1 a 5. O significado genético de cada símbolo é explicado nos trabalhos de Hayman (1954) e Whitehouse et al. (1958). O componente D mede a aditividade dos genes e mostra-se significativo para todas as características estudadas. A produção por planta apresenta significância para os componentes que medem os efeitos em virtude da dominância, H_1 e H_2 . Segundo Mather & Jinks (1971), quando $H_1 > H_2$, como ocorre nas características comprimento da

TABELA 5. Valores médios de heterose observados em cinco características nos híbridos F_1 e recíprocos do cruzamento dialélico de caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Pentecoste-Ceará, Brasil, 1982.

Híbridos F_1 e recíprocos	Heterose em porcentagem				
	Vag./pl	Comprí. vag (cm)	Num. sem/vag	P. 100 sem (g)	Prod./pl (g)
Híbridos F_1					
Seridó x Bengala	4,49	1,71	-1,19	1,49	7,55
Seridó x Pitiúba	16,28	7,78*	-4,39	11,31*	21,52*
Seridó x TVu 662	22,54	1,82	2,63	-4,05	30,46*
Bengala x Pitiúba	3,82	3,65*	0,00	0,51*	12,04
Bengala x TVu 662	22,83*	-1,59	12,36*	-2,72	64,16*
TVu 662 x Pitiúba	32,49*	6,04*	18,33*	0,06	78,59*
Híbridos recíprocos					
Bengala x Seridó	43,80	-0,04	1,26	-2,22	44,93*
Pitiúba x Seridó	0,22	9,23*	-0,69	1,44	1,65
TVu 662 Seridó	31,38*	-4,74*	5,90	-8,96*	32,12*
Pitiúba x Bengala	9,51	-0,68	-7,87*	-3,05	2,98
TVu 662 x Bengala	33,23*	-2,17	16,23*	-5,95	76,93*
Pitiúba x TVu 662	3,44	6,29*	16,89*	-3,89	30,01*

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Estimativas dos componentes de variação e herdabilidade para cinco características estudadas no cruzamento dialélico 4 x 4 em caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Pentecoste-Ceará, Brasil, 1982.

Componentes de variação	Vag./pl	Compr. vag (cm)	Num. sem/vag	P. 100 sem (g)	Prod./pl (g)
D	190,92*	31,92**	3,22**	47,96**	141,93**
H ₁	3,90**	3,41	5,21	8,85	799,59**
H ₂	4,14**	2,38	4,10	1,82	704,82**
F	-167,63	5,95	3,09	10,19	2,51**
E	68,09*	2,25	0,81*	1,51	524,69**
H ₁ /D	0,14	0,33	1,28	0,42	2,38
uv = 1/4 H ₂ /H ₁	0,27	0,17	0,20	0,05	0,22
(4DH ₁)/+ F	-0,50	1,79	2,21	1,65	1,00
(4DH ₁)/- F					
h ² /H ₂	32,60	22,00	0,00	-0,62	17,67
herdabilidades restrito	71,72%	82,63%	25,31%	91,95%	14,27%
herdabilidades amplo	72,74%	86,24%	66,94%	93,80%	35,82%

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

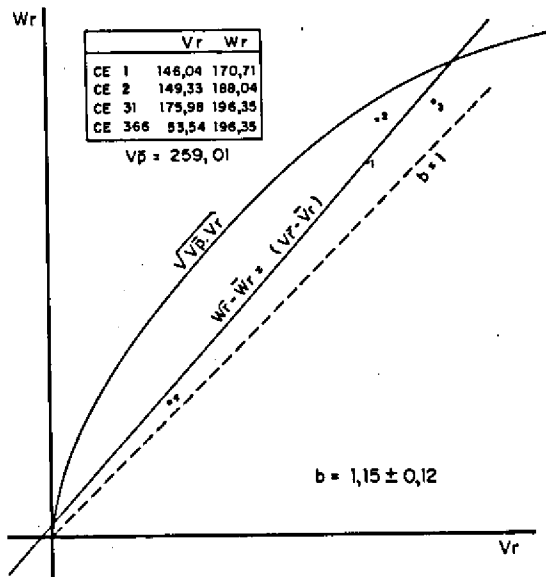


FIG. 1. Relação entre Vr e Wr para o número de vagens por planta em caupi.

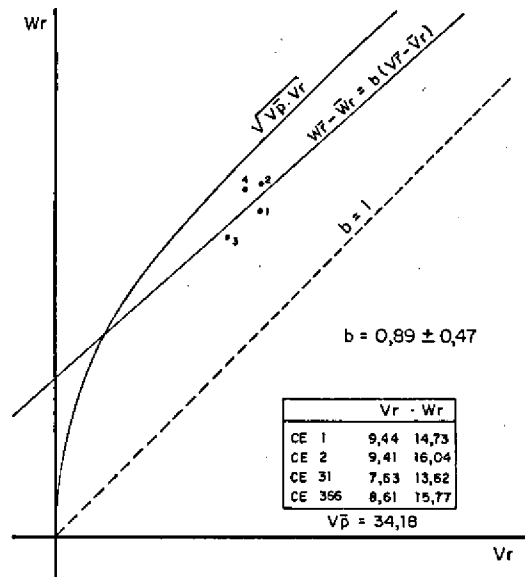


FIG. 2. Relação entre Vr e Wr para comprimento da vagem em caupi.

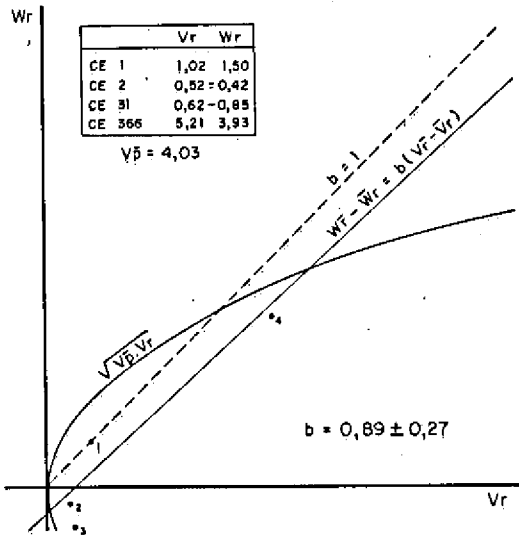


FIG. 3. Relação entre Vr e Wr para número de sementes por vagem em caupi.

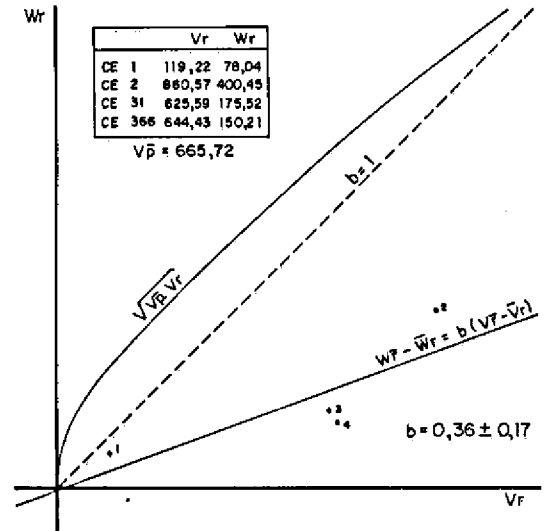


FIG. 5. Relação entre Vr e Wr para produção por planta em caupi.

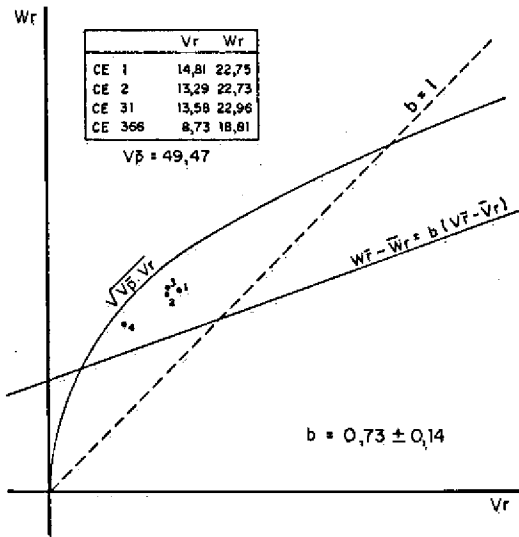


FIG. 4. Relação entre Vr e Wr para peso de 100 sementes em caupi.

vagem, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e produção por planta, as frequências alélicas são desiguais, isto é, $u \neq v$ para todos os locos.

O componente F indica a frequência relativa de dominância em relação aos alelos recessivos numa

população parental. A característica número de vagens por planta mostrou valor negativo para esse componente, sugerindo, portanto, a presença de mais alelos recessivos do que dominantes nos pais. Os valores positivos do componente F, encontrados nas demais características, evidenciam a presença de dominância nos pais.

O valor médio de uv (Tabela 6) sobre os locos, estimados a partir da razão $1/4 H_2/H_1$, menor do que seu valor máximo (0,25), aparece quando $u = v = 0,5$ para todos os locos. Este valor mede a frequência média de alelos negativos versus positivos nos pais. As características comprimento da vagem, número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e produção por planta indicam uma razão esperada menor que 0,25, mostrando, portanto, uma distribuição desigual entre os pais. Já o número de vagens por planta apresentou uma razão estimada de 0,27. Tal discrepância deve-se ao fato de que o valor estimado de H_2 é maior do que H_1 , o que teoricamente não se explica. Essa pouca precisão de natureza aleatória refletir-se-á no valor estimado de $uv = H_2/4H_1$.

A razão $[(4DH_1)^{1/2} + F/(4DH_1)^{1/2} - F]$ é igual à unidade e apresenta um F pequeno, diferente de zero, para a característica produção por planta. Neste caso, admite-se que os genes dominantes e recessivos dos pais estão em iguais proporções.

O número de grupos de genes para o número de vagens por planta, comprimento da vagem e produção por planta, calculados a partir da relação h^2/H_2 (Tabela 6), mostra valores de 33; 22 e 18 pares de genes dominantes, respectivamente. Para a característica peso de 100 sementes, observa-se valor negativo, indicando não existirem genes para dominância. Tal fato pode ter ocorrido por motivo da ausência de genes maiores, ou então, os genes se cancelaram mutuamente pelo fato de diferirem no sinal.

As herdabilidades nos sentidos restrito e amplo são apresentados na Tabela 6. Os maiores valores de herdabilidade no sentido restrito são observados nas características número de vagens por planta, comprimento da vagem e peso de 100 sementes, com valores de 71,72; 82,63 e 91,95%, respectivamente. As características número de sementes por vagem e produção por planta, apresentam os mais baixos valores de herdabilidade. Dudley & Moll (1969) enfatizam que os caracteres com altos valores de herdabilidade no sentido restrito podem ser melhorados mais rapidamente, com menos intensidade de seleção do que os de baixa herdabilidade. À exceção da herdabilidade para a característica produção por planta, todas as outras apresentaram-se com valores altos, acima de 60%. A comparação dos valores das herdabilidades amplas e restritas mostram que as características vagem por planta, comprimento da vagem e peso de 100 sementes não apresentam grandes diferenças, como no cálculo da herdabilidade no sentido restrito. Leva-se em consideração apenas a variância aditiva em relação à variância fenotípica total, verifica-se que as características mencionadas apresentam pouca variância não aditiva. Este fato pode ser comprovado pelo exame da Tabela 6, em que o componente D apresenta valores muito maiores do que os encontrados para os componentes H_1 e H_2 . As características produção e número de sementes por vagem, ao contrário, apresentam aumentos substanciais nos valores de herdabilidade no sentido amplo. Este fato é refletido nos altos valores de H_1 e H_2 , quando comparados com o D.

Os valores de herdabilidade, no sentido amplo, publicados nos trabalhos de Singh & Mehndiratta (1969), Bapna & Joshi (1973), Kheradnam & Niknejad (1971) e Araújo (1978), para o caupi,

estão muito próximos dos encontrados no presente estudo.

A Tabela 7 apresenta as estimativas de b , sb e os resultados da aplicação do teste "t" para $b = 0$ e $b = 1$. Nesta Tabela, observa-se que, quando os coeficientes de regressão não diferem significativamente de $b = 0$ e $b = 1$, há predominância de genes com efeitos epistáticos. Por outro lado, quando o coeficiente de regressão difere significativamente de $b = 0$, porém não de $b = 1$, a predominância do tipo aditivo de ação gênica é sugerida. Na Tabela 7, as características vagens por planta e peso de 100 sementes diferem significativamente de $b = 0$ e não diferem de $b = 1$, sugerindo, portanto, a predominância de ação gênica do tipo aditivo.

Nas Fig. 1, 2 e 4, correspondentes, às características número de vagens por planta, comprimento da vagem e peso de 100 sementes, respectivamente, as linhas de regressões encontram-se acima da origem. Isto indica a ocorrência de dominância parcial. Por outro lado, as Fig. 3 e 5, correspondentes às características número de sementes por vagem e produção por planta, mostram que as linhas de regressões interceptam os eixos Wr abaixo da origem, indicando, portanto, efeito gênico devido à sobredominância.

Os pontos referentes aos pais P_1 , P_2 e P_3 , na Fig. 3, estão próximos da origem. Este fato indica a presença de maior número de alelos dominantes

TABELA 7. Estimativas de b (coeficiente de regressão), sb (erro padrão) e resultados da aplicação do teste "t" para $b = 0$ e $b = 1$ em cinco características estudadas no cruzamento dialélico 4×4 em caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Pentecoste-Ceará, Brasil, 1982.

Características	Estatísticas			
	b	sb	$t = (b-0)/sb$	$t = (b-1)/sb$
Vag/pl	1,15	0,12	9,58**	1,25
Comprí.				
vag (cm)	0,89	0,47	1,89	0,23
Num. sem/vag	0,89	0,27	3,30	0,41
P. 100 sem (g)	0,73	0,14	5,21*	1,93
Prod./pl (g)	0,36	0,17	2,11	3,76

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

do que recessivos. Na Fig. 5, entretanto, apenas o P_1 situa-se próximo da origem e, conseqüentemente, este progenitor apresenta maior número de alelos dominantes.

As análises gráfica e de variância, para as características número de sementes por vagem e produção por planta evidenciam a presença de genes com efeitos não aditivos. A predominância da ação gênica devida à sobredominância, detectada na análise gráfica para aquelas duas características, indica que maiores valores heteróticos seriam esperados para as diversas combinações híbridas. A Tabela 5 mostra que a heterose para produção variou de 1,65 a 78,59, enquanto a heterose para número de sementes por vagem variou de 7,87 a 18,33%. A característica vagem por planta apresentou dominância parcial na análise gráfica e um alto valor de D de variância. Os valores de heterose observado para este caráter (0,22 a 43,80%) são contraditórios com relação àqueles parâmetros estimados.

As variâncias da capacidade geral e específica de combinação e efeitos recíprocos encontram-se na Tabela 8. Segundo Sprague & Tatum (1942), o termo capacidade geral de combinação (CGC) é usada para designar o desempenho médio de uma linha em combinações híbridas. Por outro lado, a capacidade específica de combinação (CEC) é usada para designar os casos em que certas combinações são relativamente melhores ou piores do que poderiam ser esperados, na base do desempenho médios das linhas envolvidas nos cruzamentos.

As variâncias da capacidade geral de combina-

ção apresentam-se significativas para todas as características estudadas, enquanto que, para a capacidade específica de combinação, apenas a variância correspondente ao peso de 100 sementes não se mostra significativa.

O efeito recíproco (Tabela 8) expressa as diferentes combinações existentes entre os pais. As características comprimento da vagem e peso de 100 sementes não apresentam significância. A significância dos efeitos para as outras características permite identificar se a cultivar poderá ou não ser usada indistintamente em combinações híbridas como progenitor masculino ou feminino.

As variâncias da capacidade geral de combinação apresentadas na Tabela 8 são maiores que as correspondentes à capacidade específica de combinação em todas as características estudadas. Isto demonstra a importância da variância genética aditiva na herança desses caracteres. Resultados semelhantes foram reportados por Dhaliwal & Singh (1970) em *P. mungo*. Os autores encontraram que a capacidade geral de combinação foi mais importante para cachos por planta e vagens por planta.

A escolha de métodos para o melhoramento genético está associado ao tipo e quantidade de variância genética na população. Portanto, a predominância da variância genética aditiva, observada em quase todos os caracteres estudados, sugere que a escolha inicial dos progenitores seja baseada no seu próprio desempenho e na capacidade combinatória geral para, posteriormente, desenvolver-se um programa de hibridação. Nos caracteres em que

TABELA 8. Análise de variância da capacidade geral e específica de combinação e efeito recíproco em cinco características estudadas no cruzamento dialélico 4 x 4 em caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Pentecoste-Ceará, Brasil, 1982.

Causas de variação	G.L.	Quadrados médios para diferentes caracteres (variância)				
		Vag/pl	Compri. vag (cm)	Num. sem/vag	P. 100 sem (g)	Prod./pl (g)
CGC	3	705,55**	593.203,33**	461.220,400**	926.069,33**	77.877,31**
CEC	6	35,59**	9.925,33**	64.665,600**	8.389,33	75.080,00**
Efeito recíproco	6	25,39*	2.961,39	38.973,380**	7.921,71	29.346,86**
Resíduo	256	6,06	1.172,08	17.771,02	4.402,07	5.684,20

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

a variância genética do tipo não aditivo é importante, progressos significativos podem ser obtidos tomando-se por base a capacidade combinatória específica.

CONCLUSÕES

1. Os valores de heterose para a característica produção por planta variaram de 1,65 a 78,59%, com uma média em torno de 34%. Dos quatro componentes da produção estudados, o caráter vagem por planta apresenta os maiores valores heteróticos médios com valores variando de 0,22 a 43,80% e média igual a 18,67%. Portanto, este caráter foi o que mais contribuiu para os valores heteróticos altos observados na produção. O aproveitamento deste vigor se torna problemático porque se desconhece um sistema gênico citoplasmático de restauração para permitir a produção comercial de sementes híbridas. Se esses sistema fosse disponível, a natureza cleistogâmica da flor iria dificultar os cruzamentos entre formas estéreis e férteis.

2. A variância genética não-aditiva é relevante para a característica produção por planta e número de sementes por vagem. Portanto, os progenitores devem ser selecionados com base na capacidade combinatória específica.

3. A variância genética aditiva é relevante para as características vagem por planta, comprimento da vagem e peso de 100 sementes. Neste caso, os progenitores devem ser avaliados com base no seu próprio desempenho e capacidade geral de combinação.

4. O procedimento utilizado para estimar os parâmetros genéticos do presente estudo sofre limitações impostas pela pequena variabilidade genética dos progenitores, do número de linhas parentais e do uso de um só ambiente. Deste modo,

se outras linhagens e outros ambientes fossem utilizados, teríamos, provavelmente, estimativas mais confiáveis.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.P.P. Variabilidade genética e interrelações de caracteres agrônômicos em feijão-de-corda *Vigna sinensis* (L.) Savl. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1978. 113p. Tese Mestrado.
- BAPNA, C.S. & JOSHI, S.N. A study on variability following hybridization in *Vigna sinensis* (L.) Savl. Madras Agric. J., 60(9/12):1369-72, 1973.
- DHALIWAL, H.S. & SINGH, K.B. Combining ability and inheritance of pod and cluster number in *Phaseolus mungo* L. Teor. Appl. Gen., 40:117-20, 1970.
- DUDLEY, J.W. & MOLL, R.H. Interpretation and use of heredity and genetic variances in plant breeding. Crop. Sci., 9(3):257-62, 1969.
- EL-HADDAD, M.M. Genetical analysis of diallel crosses in spring wheat. Egypt. J. Genet. Cytol., 4:174-88, 1975.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci., 9:463-93, 1956.
- HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics., 39:789-809, 1954.
- KHERADNAM, M. & NIKNEJAD, M. Combining ability in cowpeas *Vigna sinensis* (L.). Z. Pflanzzücht., 66(4):312-16, 1971.
- MATHER, K. & JINKS, J.L. Biometrical genetics. The study of continuous variation. Ithaca, New York, Cornell University Press, 1971. 382p.
- SINGH, K.B. & JAIN, R.P. Heterosis and combining ability in cowpeas. Indian J. Genet. Plant Breed., 32(1):62-6, 1972.
- SINGH, K.B. & MEHNDIRATTA, P.D. Genetic variability and correlation studies in cowpea. India J. Genet. Plant Breed., 29(1):104-9, 1969.
- SPRAGUE, G.F. & TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron., 34:923-32, 1942.
- WHITEHOUSE, R.N.H.; THOMPSON, J.B. & RIBEIRO, M.A.M. do V. Studies on the breeding of selfpollinating cereals. Euphytica., 7:147-69, 1958.