

ANÁLISE DIALÉLICA PARA AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS INTERPOPULACIONAIS DE CAJUEIRO¹

JOSÉ JAIME VASCONCELOS CAVALCANTI², CÉSAR AUGUSTO BRASIL PEREIRA PINTO³,
JOÃO RIBEIRO CRISÓSTOMO⁴ e DANIEL FURTADO FERREIRA⁵

RESUMO - Os objetivos deste trabalho foram obter informações dos componentes de médias de populações de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), por meio de análise dialélica parcial, e verificar o potencial *per se* de dois grupos distintos de parentais: um, constituído por clones comerciais de cajueiro-anão-precoce (CCP06, CCP76, CCP09 e CCP1001), e o outro, por matrizes de cajueiro comum (CP07, CP12, CP77, CP96 e BTON), e a heterose em suas respectivas combinações híbridas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os caracteres avaliados foram altura da planta, diâmetro da copa, número da castanhas por planta, produtividade de castanhas, peso médio da castanha, peso médio da amêndoa e relação peso da amêndoa/peso da castanha. Constatou-se que os efeitos de parentais e heterose são importantes componentes das médias das populações em estudo, em relação a todos os caracteres. Entre os componentes heteróticos, a heterose média apresentou-se como o mais expressivo, indicando presença de dominância e considerável divergência genética entre os dois grupos. Apenas em relação aos caracteres número de castanhas e produtividade a capacidade específica de combinação foi significativa. As combinações híbridas CCP76 x CP07, CCP09 x BTON e CCP09 x CP77 são as mais promissoras, sendo indicadas para formação de populações-base para programas de melhoramento do cajueiro.

Termos para indexação: *Anacardium occidentale*, genótipos, parentais, hibridação, heterose, clones, melhoramento de plantas, métodos de melhoramento.

DIALLEL ANALYSIS TO EVALUATE INTERPOPULATIONAL CASHEW TREE HYBRIDS

ABSTRACT - The objectives of this work were to obtain information related to the components of means of cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) populations, through partial diallel analysis, and verify the potential *per se* of two distinct groups of parents, one of them made up by clones of dwarf cashew tree (CCP06, CCP76, CCP09 e CCP1001) and the other one by common cashew tree (CP07, CP12, CP77, CP96 e BTON), and the heterosis of their respective hybrid combinations. A randomized complete block experimental design with four replications was used. The traits evaluated were plant height, canopy diameter, number of cashew nut/plant, cashew nut yield, mean weight of cashew nut, mean weight of kernel and weight of kernel/weight of cashew nut ratio. It was found that parent effects and heterosis were important components of the means of the populations under study for all traits. Among the heterotic components, average heterosis presented itself as the most important, pointing out the presence of dominance and marked genetic divergence between the two groups. Only for the traits nuts number and yield the specific combining ability was significant. Hybrid combinations CCP76 x CP07, CCP09 x BTON and CCP09 x CP77 are the most promising, enabling establishment of base populations for breeding programs of cashew tree.

Index terms: *Anacardium occidentale*, genotypes, parents, hybridization, heterosis, clones, plant breeding, breeding methods.

¹ Aceito para publicação em 20 de janeiro de 2000.

Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Lavras.

² Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical (CNPAT), Caixa Postal 3761, CEP 60511-110 Fortaleza, CE.

E-mail: jaime@cnpat.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., Ph.D., Dep. de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: cesarbpp@ufla.br

⁴ Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-CNPAT.

E-mail: crisost@cnpat.embrapa.br

⁵ Eng. Agrôn., Dr., Dep. de Ciências Exatas, UFLA.

E-mail: danielff@ufla.br

INTRODUÇÃO

Resultados de produtividade dos clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) do tipo anão-precoce trouxeram novas perspectivas para o desenvolvimento da cultura no Brasil, pois possui um potencial superior a 1.300 kg ha⁻¹ de castanha, em regime de sequeiro, contra menos de 250 kg ha⁻¹ de castanha verificados nos últimos anos, e soluciona o problema de porte da planta (Barros & Crisóstomo, 1995). Entretanto, alguns caracteres, como, por exemplo, a qualidade e o peso da castanha e amêndoa, entre outros, necessitam de avanços genéticos. Além disso, a estreita base genética utilizada no programa de melhoramento para obtenção desses clones caracteriza uma situação de vulnerabilidade à cultura.

O desenvolvimento de genótipos superiores por meio da hibridação entre cajueiro-anão-precoce e cajueiro comum consiste em uma estratégia importante para o melhoramento do cajueiro. Esta prática torna possível a obtenção de plantios uniformes e de maior rendimento, em razão da exploração do vigor híbrido, prática bastante utilizada em diversas culturas. No caso do cajueiro, a heterose apresenta a vantagem adicional de poder ser empregada de imediato, em qualquer etapa do programa, mediante a multiplicação assexuada, após a obtenção do híbrido.

Contudo, pouco se conhece a respeito dos parentais utilizados em programas de melhoramento da cultura e das propriedades genéticas das populações de cajueiro. Para contornar tais limitações, o melhorista pode lançar mão de um delineamento genético. Por exemplo, a análise de cruzamentos dialélicos proporciona a estimação de parâmetros que contribuem na seleção de parentais para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz & Regazzi, 1994).

Este trabalho teve como objetivos: 1) avaliar o potencial genético *per se* de dois grupos distintos de parentais (quatro clones de cajueiro-anão-precoce e cinco matrizes de cajueiro comum) e a heterose em suas respectivas combinações híbridas, e 2) obter informações acerca dos componentes de médias envolvidos na estrutura genética das populações avaliadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus (CEP), pertencente à Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical (CNPAT), localizado na microrregião litoral de Pacajus, no Estado do Ceará. Foi utilizado um dialelo parcial, envolvendo dois grupos de populações. Um deles, designado por grupo 1 (G1), foi constituído por clones comerciais de cajueiro-anão-precoce (CCP06, CCP76, CCP09 e CCP1001). O outro, grupo 2 (G2), foi formado por matrizes de cajueiro comum (CP07, CP12, CP77, CP96 e BT0N). Foram obtidos 19 híbridos, por meio de cruzamentos controlados entre os dois grupos, e oito parentais (progênes de polinização livre, representando cada parental), totalizando 27 tratamentos. O parental BT0N e o cruzamento CCP06 x CP12 não foram incluídos, por falta de sementes.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com 27 tratamentos e três repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma fileira de cinco plantas, no espaçamento de 7 x 7 m. O plantio definitivo foi realizado em junho de 1991 e conduzido em regime de sequeiro, com tratos culturais convencionais da cultura. Os caracteres avaliados foram: altura da planta (AP); diâmetro da copa (DC); produtividade de castanhas (PROD); número de castanhas por planta (NC); peso médio da castanha (PC); peso médio da amêndoa (PA) e relação peso da amêndoa/peso da castanha (RAC). Os dados foram obtidos nas seguintes idades das plantas: AP e DC no 2º, 4º e 5º ano; PROD e NC no 3º, 4º e 5º ano; PC, PA e RAC apenas no 4º e 5º ano.

Foram realizadas análises de variância por idade e conjunta, no esquema de parcela subdividida no tempo (Steel & Torrie, 1980), e, posteriormente, procedeu-se às análises dialélicas, com base na metodologia de cruzamentos dialélicos parciais proposta por Miranda Filho & Geraldi (1984). A falta de alguns tratamentos torna o esquema dialélico incompleto. A estimação dos efeitos e o cálculo das respectivas somas de quadrados foram feitos utilizando-se o método dos quadrados mínimos. Pelo interesse nos testes de significância dos parâmetros, não estimáveis no modelo irrestrito, e pela conveniência da obtenção de estimadores únicos com interpretações genéticas fundamentais, utilizaram-se restrições ponderadas nos parâmetros, de acordo com Searle (1971). Para agrupamento das médias dos tratamentos foi empregado o método proposto por Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra que os parentais do grupo 1, quando comparados com os do grupo 2, sobressai-

ram-se quanto aos caracteres número de castanhas por planta (NC) e produtividade (PROD). Por outro lado, o grupo 2 apresentou as maiores médias de altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), peso

TABELA 1. Médias dos parentais (progênies de polinização livre) e respectivos híbridos (Y_{ij}), considerando as diversas idades avaliadas, em relação aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas por planta (NC), produtividade (PROD), peso da castanha (PC), peso da amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC)¹.

Parental ou híbrido	AP (m)	DC (m)	NC	PROD (kg ha ⁻¹)	PC (g)	PA (g)	RAC (%)
Grupo 1							
CCP06	1,89a	2,66a	130,16a	133,29a	5,96a	1,68a	28,29a
CCP76	2,10a	3,33a	150,67b	179,53b	6,93a	1,90a	27,44a
CCP09	1,99a	3,30a	171,20b	175,21b	6,54a	1,93a	30,11b
CCP1001	2,31b	2,84a	171,87b	179,19b	6,03a	1,63a	26,93a
Grupo 2							
CP07	2,93c	3,43b	65,91a	100,22a	9,52b	2,50c	26,58a
CP12	3,09c	3,48b	26,72a	56,31a	11,47c	2,94d	25,83a
CP77	3,01c	4,14c	60,99a	108,56a	10,98c	2,96d	27,58a
CP96	3,18d	4,31c	50,66a	80,68a	8,12a	2,42b	29,92b
BTON	-	-	-	-	-	-	-
Híbridos							
Y ₁₅	2,77c	3,83b	271,20c	333,65c	7,29a	1,99a	27,59a
Y ₁₇	2,40b	3,89b	171,11b	232,80b	7,70a	2,16b	28,16a
Y ₁₈	3,12c	5,11c	247,32c	329,18c	7,47a	2,30b	30,92b
Y ₁₉	1,87a	3,10a	159,44b	248,16b	8,75b	2,38b	27,29a
Y ₂₅	3,20d	4,16c	351,71c	541,27d	8,76b	2,56c	29,30b
Y ₂₆	3,24d	4,61c	163,53b	339,33c	10,33c	2,86d	28,05a
Y ₂₇	3,01c	5,20c	178,35b	367,46c	12,06c	3,15d	26,36a
Y ₂₈	3,19d	4,93c	188,53b	300,15c	8,69b	2,64c	30,45b
Y ₂₉	2,51b	3,96b	250,14c	405,53d	9,71b	2,51c	26,25a
Y ₃₅	2,45b	3,86b	180,51b	255,29b	8,97b	2,65c	29,71b
Y ₃₆	3,06c	4,58c	168,11b	334,50c	11,78c	3,34d	28,86b
Y ₃₇	2,80c	4,62c	197,32b	384,85c	10,95c	3,17d	29,59b
Y ₃₈	3,01c	4,85c	157,82b	289,81c	9,70b	3,01d	31,19b
Y ₃₉	2,18a	3,84b	216,80b	351,84c	9,63b	2,65c	27,66a
Y ₄₅	3,27d	3,97b	312,24c	438,44d	8,13a	2,28b	28,34a
Y ₄₆	3,58d	4,45c	214,70b	383,91c	10,40c	2,90d	28,22a
Y ₄₇	3,28d	4,88c	263,51c	487,67d	11,01c	2,92d	26,55a
Y ₄₈	3,58d	4,89c	329,62c	443,84d	7,36a	2,24b	30,58b
Y ₄₉	2,41b	3,51b	160,09b	273,54c	9,05b	2,51c	27,78a
Médias							
Grupo 1	2,07	3,03	155,97	166,80	6,36	1,79	28,19
Grupo 2	3,05	3,84	51,07	86,44	10,02	2,71	27,48
Parentais	2,56	3,43	103,52	126,62	8,19	2,25	27,83
Híbridos	3,21	4,43	241,98	397,24	9,45	2,64	28,28
Média geral	2,79	4,06	185,56	287,19	9,01	2,53	28,35

¹ Médias seguidas por letras distintas pertencem a grupos diferentes, de acordo com o teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

médio da castanha (PC) e peso médio da amêndoa (PA). Observa-se, ainda, que as médias dos híbridos foram superiores às dos parentais em todos os caracteres, indicando, assim, a importância da exploração do vigor híbrido no cajueiro. As combinações híbridas de melhor desempenho foram CCP76 x CP07 (NC e PROD), CCP76 x CP77 (PC), CCP09 x CP12 (PA) e CCP06 x BTON (AP e DC); a última por ter apresentado as menores médias em relação ao porte das plantas.

Os resultados das interações tratamentos x idades e respectivos desdobramentos (Tabelas 2 e 3), demonstraram significância em todos os caracteres, exceto PC e PA. No entanto, observaram-se correlações positivas e altas entre as médias dos tratamentos nas diferentes idades avaliadas, estimadas pelo coeficiente de correlação classificatória de Spearman, citado por Steel & Torrie (1980). Os valores variaram de 0,71** a 0,97**, o que demonstra que a ordem de

classificação dos tratamentos foi significativamente coincidente. Apenas em relação ao caráter DC, entre o 2º e 5º ano de idade, verificou-se valor inferior (0,48*), porém significativo. Esses resultados indicam que as interações devem ser do tipo simples, isto é, não deve haver diferenças de classificação das populações nas diferentes idades, o que facilita o processo seletivo e possibilita praticar seleção precoce. Em razão disto, decidiu-se pela análise dialélica com base nas médias das diferentes idades.

Pode-se verificar, nas Tabelas 2 e 3, que em relação à maioria dos caracteres, na média das diferentes idades, os quadrados médios referentes aos efeitos dos grupos 1 (G1) e 2 (G2) e ao contraste G1 vs. G2 foram significativos, o que indica existência de variabilidade genética dentro e entre os grupos. Em relação à heterose, observaram-se diferenças significativas em todos os caracteres, exceto na RAC, revelando, assim, superioridade dos híbridos em relação

TABELA 2. Resumo da análise dialélica conjunta (parcela subdividida no tempo) referente aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas por planta (NC) e produtividade (PROD), na média das três idades analisadas.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio			
		AP	DC	NC	PROD
Tratamentos (T)	26	0,773**	1,492**	19488,1**	49932,1**
Grupo 1 (G1)	3	1,137**	1,140**	9167,7*	36204,0**
Grupo 2 (G2)	4	1,257**	2,535**	12419,4**	12391,8
G1 vs G2 (d)	1	5,760**	3,900**	66024,0**	38751,0*
Heterose (H)	18	0,324**	1,185**	20192,4**	61179,9**
H. média (\bar{h})	1	3,792**	17,490**	225267,0**	848949,0**
H. grupo 1 (h1)	3	0,261**	0,114	6119,1	15153,0
H. grupo 2 (h2)	3	0,111	0,345	7995,9	2201,4
H. específica (S_{ij})	11	0,087	0,228	8713,8**	18202,2**
Erro a	52	0,057	0,198	2974,7	6555,4
Idades (I)	2	20,367**	66,009**	81818,9**	165144,4*
Erro b	4	0,065	0,169	3453,1	10462,2
T x I	52	0,077**	0,273**	1515,4*	3237,3**
G1 x I	6	0,080**	0,111*	566,7	2018,0
G2 x I	8	0,147**	0,510**	2394,9*	4238,2*
d x I	2	0,925**	2,697**	1818,0	84,5
H x I	36	0,016*	0,113**	1461,3*	3393,3**
\bar{h} x I	2	0,061**	0,670**	9262,5**	25308,0**
h1 x I	6	0,012	0,039	742,9	1414,7
h2 x I	6	0,007	0,140**	1356,0	1379,5
S_{ij} x I	22	0,014	0,074*	976,7	2490,4
Erro c	104	0,011	0,045	897,7	1775,5

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

TABELA 3. Resumo da análise dialélica conjunta (parcela subdividida no tempo) referente aos caracteres peso da castanha (PC), peso da amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC), na média das duas idades investigadas.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio		
		PC	PA	RAC
Tratamentos (T)	26	6,166**	0,418**	4,724**
Grupo 1 (G1)	3	7,376**	0,698**	7,030**
Grupo 2 (G2)	4	11,026**	0,422**	16,314**
G1 vs G2 (d)	1	53,492**	3,398**	2,052
Heterose (H)	18	2,254**	0,203**	1,912
H. média (\bar{h})	1	14,698**	1,916**	11,220**
H. grupo 1 (h1)	3	2,670*	0,240**	0,292
H. grupo 2 (h2)	3	1,508	0,072	2,986
H. específica (S_{ij})	11	1,214	0,074	1,216
Erro a	52	0,668	0,047	1,264
Idades (I)	1	1,009	0,001	10,371
Erro b	2	0,084	0,003	0,851
T x I	26	0,082	0,006	0,742**
G1 x I	3	0,021	0,005	0,392
G2 x I	4	0,109	0,015*	0,481
d x I	1	0,002	0,008	0,747
H x I	18	0,106	0,005	0,856**
\bar{h} x I	1	0,106	0,010	0,000
h1 x I	3	0,073	0,005	0,372
h2 x I	3	0,140	0,001	1,126**
S_{ij} x I	11	0,080	0,004	0,991**
Erro c	52	0,082	0,007	0,326

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

aos parentais. Quanto aos componentes heteróticos, pode-se verificar que: a heterose média se manifestou em relação a todos os caracteres, o que demonstra presença de dominância unidirecional e considerável divergência genética; a heterose de parentais apresentou significância apenas dentro do grupo 1, em relação aos caracteres AP, PC e PA, indicando variabilidade das respostas heteróticas apenas entre os pais deste grupo. Vencovsky (1970) comenta que quando a heterose de parentais é significativa, deve existir entre eles uma considerável dispersão dos genes favoráveis, nos locos que exibem dominância; em relação à heterose específica, houve significância apenas nos caracteres NC e PROD, indicando haver diferenças significativas entre as frequências alélicas, em pelo menos parte dos parentais, nos locos que expressam dominância ou diferenças nos graus de complementação dos parentais, em cada cruzamento.

A importância da heterose pode ser avaliada também pela sua participação na variância total de tratamentos (R^2) (Tabela 4). Os efeitos da heterose em relação a AP, PC, PA e RAC foram menos pronunciados (25,31 a 33,77%) que os efeitos de parentais (G1 + G2 + G1 vs. G2), que oscilaram de 66,25% a 74,68%. Por outro lado, quanto aos caracteres NC e PROD, a heterose foi da ordem de 71,73% e 84,83%, respectivamente; entre os componentes heteróticos a variação causada pelos efeitos da heterose média foi a mais expressiva, com valores de 44,46% (NC) e 65,40% (PROD). A maior contribuição da heterose para os caracteres NC e PROD, embora não tenha sido possível isolar os efeitos aditivos e dominantes, é indicativo de que ocorre um maior efeito de dominância ou presença de maior número de locos que exibem dominância, influenciando na expressão desses caracteres. Assim, a exploração dos efeitos genéticos não aditivos em programas de melhoramento interpopulacional é uma estratégia viável.

TABELA 4. Valores dos coeficientes de determinação (R^2) referentes aos desdobramentos das somas de quadrados de tratamentos, obtidos das análises conjuntas, quanto aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas por planta (NC), produtividade (PROD), peso da castanha (PC), peso da amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC).

Fonte de variação	Coeficiente de determinação (%)						
	AP	DC	NC	PROD	PC	PA	RAC
Tratamentos	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Grupo 1	16,99	8,81	5,43	8,37	13,80	19,33	17,17
Grupo 2	25,09	26,11	9,80	3,82	27,51	15,58	53,13
G1 vs. G2	28,71	10,05	13,03	2,99	33,37	31,34	1,67
Heterose	29,19	55,02	71,73	84,83	25,31	33,77	28,02
H. média	18,90	45,05	44,46	65,40	9,17	17,67	9,14
H. grupo 1	3,92	0,87	3,62	3,50	5,00	6,62	0,71
H. grupo 2	1,67	2,67	4,73	0,51	2,82	2,01	7,29
H. específica	4,70	6,43	18,92	15,42	8,32	7,47	10,88

As estimativas dos efeitos de parentais (\hat{v}_i e \hat{v}_j) e da diferença entre as médias dos dois grupos (\hat{d}), na média das diferentes idades, encontram-se na Tabela 5. Pode-se observar que, no que diz respeito aos caracteres AP e DC, em média, os pais BTON e CCP06 apresentaram os maiores efeitos negativos de \hat{v} , apesar de o valor do CCP06 não diferir estatisticamente de zero, o que revela presença de menor número de genes que contribuem para aumentar o porte das plantas. Por outro lado, o pior material foi CP96, que contribui mais para o aumento da altura e do diâmetro da copa. Quanto ao NC e à PROD, os pais CP07, CP77 e CCP1001 apresentaram os maiores efeitos positivos de \hat{v} , sendo, portanto, considerados os parentais de maior capacidade produtiva. Pode-se inferir, ainda, que possuem as maiores frequências de genes favoráveis para produção. Os piores desempenhos foram os dos pais, BTON e CCP06. Quanto aos caracteres relacionados à qualidade da castanha, constata-se que os parentais CP12 e CP77 apresentaram os maiores potenciais *per se* (\hat{v}) para aumentar o peso da castanha e da amêndoa, enquanto o pior pai foi o CP96. Quanto à RAC, os maiores destaques foram CP96 e CCP09, enquanto, o BTON e o CCP1001 demonstraram os piores desempenhos.

Na Tabela 6 são apresentadas as estimativas dos efeitos heteróticos de parentais e das heteroses médias. Os efeitos de heterose média demonstraram valores significativos em relação a todos os caracteres, sobretudo para PROD e NC, com valores de 192,25% e 120,77%, respectivamente, em relação à estimativa da média dos pais ($\hat{\mu}$). Valores expressivos de heterose também foram detectados na cultura do cajueiro por Damodaran (1975) e Manoj & George (1993). Verifica-se que os parentais CCP06, CCP09 e CP77 apresentaram os maiores efeitos heteróticos negativos para o caráter AP. O pai CCP1001 revelou o maior efeito heterótico, contribuindo de forma significativa para o aumento da altura, e deve possuir frequências alélicas contrastantes em relação às frequências alélicas médias dos pais do grupo 1, nos locos com dominância. Quanto à DC, o parental de maior efeito heterótico negativo foi o CP07, não contribuindo, portanto, para aumentar a expressão do caráter. Pode-se constatar, quanto ao NC, que os parentais CP07 e CCP1001 revelaram efeitos heteróticos mais expressivos, com contribuições de 46,93 e 30,77 castanhas ou 46,8% e 30,7%, respectivamente, em relação a $\hat{\mu}$. O pai menos efetivo em aumentar o valor de NC de seus híbridos foi CCP09 (-40,7%). Em relação à característica PROD, os

TABELA 5. Estimativas dos efeitos de parentais (\hat{v}_i e \hat{v}_j), da média dos pais do dialelo (\hat{u}) e da diferença entre os grupos 1 e 2 (\hat{d}), referentes aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas por planta (NC), produtividade (PROD), peso da castanha (PC), peso da amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC), na média das diferentes idades.

\hat{V}_i ou \hat{V}_j	AP (m)	DC (m)	NC	PROD (kg ha ⁻¹)	PC (g)	PA (g)	RAC (%)
Grupo 1							
\hat{V}_1 (CCP06)	-0,19	-0,39	-26,77	-34,76	-0,42	-0,11	0,10
\hat{V}_2 (CCP76)	0,02	0,29	-6,26	11,48	0,55	0,11	-0,75
\hat{V}_3 (CCP09)	-0,09	0,25	14,27	7,17	0,16	0,14	1,92*
\hat{V}_4 (CCP1001)	0,23	-0,21	14,94	11,14	-0,35	-0,16	-1,26
Grupo 2							
\hat{V}_5 (CP07)	0,11	-0,16	22,22	24,14	-0,43	-0,15	-0,48
\hat{V}_6 (CP12)	0,28*	-0,11	-16,97	-19,77	1,52*	0,29*	-1,23
\hat{V}_7 (CP77)	0,20	0,55*	17,30	32,48	1,02*	0,31*	0,53
\hat{V}_8 (CP96)	0,37*	0,72*	6,97	4,61	-1,83*	-0,23	2,86*
\hat{V}_9 ' (BT0N) ¹	-1,37*	-1,52*	-48,51	-67,14	-0,03	-0,25	-2,82*
\hat{u}	2,45*	3,32*	100,31*	122,06*	8,17*	2,22*	27,62*
\hat{d}	-0,37*	-0,27*	56,62*	45,99*	-1,79*	-0,43*	0,57

¹ \hat{V}_9 ' = $\hat{v}_9 + \hat{h}_9$: valor inflacionado pela heterose, pela não inclusão do parental 9.
* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

parentais CCP1001 e CCP76 foram os que mais se destacaram (38,1% e 25,8%), enquanto o pior material foi CCP06 (-41,3%). Em relação aos caracteres de qualidade da castanha, verifica-se que para PC e PA os parentais CCP09, CCP77 e CP12 apresentaram os maiores potenciais heteróticos, e foram considerados os melhores combinadores. Os piores desempenhos foram obtidos pelos pais CCP06 e CP07. Em relação à RAC, o material que mais se destacou foi CP96 e o pai de menor efeito heterótico foi o CP77.

Observa-se que houve influência significativa da heterose no sentido de aumentar a expressão de todas as características. Contudo, essa situação não é desejável para AP e DC, e deve ser considerada no processo seletivo. Nesse contexto, o método de seleção recorrente interpopulacional pode ser empregado, pois permitirá um aumento gradativo da frequência de genes favoráveis nas populações, simultaneamente para os caracteres de interesse, em vir-

tude dos processos de seleção e recombinação dos indivíduos, ao longo dos ciclos seletivos.

As estimativas dos efeitos de heterose específica (\hat{S}_{ij}) ou capacidade específica de combinação (Tabela 7) foram obtidas apenas para os caracteres que apresentaram significância dos quadrados médios (Tabelas 2 e 3), ou seja, NC e PROD. As combinações híbridas de maiores potenciais heteróticos em relação a NC foram CCP76 x CP07 (\hat{S}_{25}), CCP1001 x CP96 (\hat{S}_{48}) e CCP09 x BT0N (\hat{S}_{39}), mostrando, assim, que os pais desses híbridos apresentam divergência acentuada ou um alto grau de complementação nos locos com dominância, o que indica um potencial de variabilidade genética que pode ser liberada e explorada convenientemente. No que se refere à PROD, o mais expressivo efeito heterótico foi alcançado pelo cruzamento CCP76 x CP07 (\hat{S}_{25}). Os híbridos de maiores efeitos negativos, nos dois caracteres, foram:

TABELA 6. Estimativas dos efeitos de heterose de parentais (\hat{h}_i e \hat{h}_j), da heterose média (\hat{h}) e da heterose média em porcentagem ($\hat{h}(\%)$), referentes aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas por planta (NC), produtividade (PROD), peso da castanha (PC), peso da amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC), na média das diferentes idades.

\hat{h}_i ou \hat{h}_j	AP (m)	DC (m)	NC	PROD (kg ha ⁻¹)	PC (g)	PA (g)	RAC (%)
Grupo 1							
\hat{h}_1 (CCP06)	-0,19*	-0,13	-2,16	-55,28	-1,13*	-0,33*	-0,18
\hat{h}_2 (CCP76)	0,11	0,10	11,79	31,55	0,23	0,03	-0,10
\hat{h}_3 (CCP09)	-0,16*	-0,11	-40,82*	-33,78	0,72*	0,24*	-0,12
\hat{h}_4 (CCP1001)	0,20*	0,11	30,77	46,45	-0,05	-0,01	0,36
Grupo 2							
\hat{h}_5 (CP07)	-0,06	-0,33*	46,93*	26,75	-0,80*	-0,19*	0,32
\hat{h}_6 (CP12)	0,14	0,13	-35,26	-13,96	0,35	0,14	0,30
\hat{h}_7 (CP77)	-0,15	0,01	-26,95	-1,38	0,62	0,06	-1,25*
\hat{h}_8 (CP96)	0,11	0,22	6,47	-14,90	-0,08	0,03	0,70
\hat{h}	0,49*	1,06*	121,15*	234,66*	1,20*	0,43*	1,04*
$\hat{h}(\%)^1$	20,00	31,93	120,77	192,25	14,69	19,37	3,76

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

¹ Porcentagem da heterose média em relação à média dos pais (\hat{u}) (Tabela 5).

TABELA 7. Estimativas dos efeitos de heterose específica (\hat{s}_{ij}), referentes aos caracteres número de castanhas por planta (NC) e produtividade (PROD), na média das diferentes idades.

\hat{S}_{ij}	NC	PROD	\hat{S}_{ij}	NC	PROD
\hat{S}_{15}	7,25	10,76	\hat{S}_{35}	-65,31*	-110,06*
\hat{S}_{16}^1	-	-	\hat{S}_{36}	24,08	31,82
\hat{S}_{17}	-16,50	-66,13	\hat{S}_{37}	27,84	43,47
\hat{S}_{18}	31,46	57,71	\hat{S}_{38}	-39,90	-24,12
\hat{S}_{19}	-22,21	-2,34	\hat{S}_{39}	53,28*	58,89
\hat{S}_{25}	63,55*	108,43*	\hat{S}_{45}	-5,49	-9,13
\hat{S}_{26}	-22,84	-30,84	\hat{S}_{46}	-1,25	-0,99
\hat{S}_{27}	-33,46	-41,41	\hat{S}_{47}	22,12	64,07
\hat{S}_{28}	-51,53*	-81,27*	\hat{S}_{48}	59,97*	47,69
\hat{S}_{29}	44,28	45,09	\hat{S}_{49}	-75,35*	-101,64*

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

¹ Cruzamento perdido.

CCP1001 x BTON ($\hat{\sigma}_{49}$), CCP09 x CP07 ($\hat{\sigma}_{35}$) e CCP76 x CP96 ($\hat{\sigma}_{28}$).

Os efeitos mais expressivos de heterose foram verificados em relação a NC e PROD, e, ainda, apenas nesses caracteres houve significância da heterose específica. Desta forma, deve-se dar ênfase à seleção de combinações híbridas com os maiores efeitos heteróticos e médias altas, em relação a NC e PROD, associados a efeitos de parental e da heterose de parental desejáveis em pelo menos um dos pais, nas outras características. Isso viabilizará a obtenção de clones comerciais superiores, pela exploração imediata dos efeitos heteróticos em programas de seleção clonal, bem como a formação de populações-base para programa de melhoramento populacional do cajueiro. Há ainda possibilidade de produção de sementes híbridas para plantio, devendo-se para tal realizar estudos técnicos e econômicos para sua viabilização. Diante do exposto, os cruzamentos mais promissores são CCP76 x CP07 (Y_{25}), CCP09 x BTON (Y_{39}) e CCP09 x CP77 (Y_{37}), que, de modo geral, reuniram alta capacidade específica de combinação com potenciais *per se* e heteróticos altamente favoráveis em pelo menos um dos seus parentais, nos diversos caracteres, e encontram-se associados às melhores médias. Observa-se que o híbrido CCP76 x CP07 (Y_{25}), além de apresentar a maior capacidade específica de combinação, teve a maior média em produção. As piores combinações híbridas foram CCP06 x CP77 (Y_{17}), CCP1001 x BTON (Y_{49}) e CCP76 x CP12 (Y_{26}).

CONCLUSÕES

1. Nas populações em estudo, os efeitos heteróticos referentes a diâmetro da copa, número de castanhas e produtividade mostram-se mais importantes que os de parentais; para os demais caracteres observa-se o contrário.

2. Em relação a todos os caracteres, a heterose média apresenta-se como o efeito mais expressivo, entre os componentes heteróticos, indicando presença de considerável divergência genética entre os grupos de cajueiro-anão-precoce e comum.

3. A capacidade específica de combinação é um importante componente genético para o número e a produtividade de castanhas.

4. Os parentais BTON e CCP06 contribuem para redução do porte das plantas, enquanto CP12 e CP77 aumentam a expressão dos pesos da castanha e amêndoa; e CCP1001, CCP76 e CP07, incrementam o número e a produtividade de castanhas.

5. As combinações híbridas CCP76 x CP07, CCP09 x BTON e CCP09 x CP77 são as mais promissoras para obtenção de clones comerciais e formação de populações-base para programas de melhoramento populacional do cajueiro.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J.R. Melhoramento genético do cajueiro. In: ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V. da (Org.). **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza : Embrapa-CNPAT, 1995. p.73-96.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa : UFV-Imprensa Universitária, 1994. 390p.
- DAMODARAN, V.K. Hybrid vigour in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Agricultural Research Journal of Kerala**, Trichur, v.13, n.2, p.195-196, 1975.
- MANOJ, P.S.; GEORGE, T.E. Heterosis in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Cashew**, Cochin, v.7, n.3, p.7-9, 1993.
- MIRANDA FILHO, J.B. de; GERALDI, I.O. An adapted model for analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.7, n.4, p.677-688, dez. 1984.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.
- SEARLE, S.R. **Linear models**. New York : J. Wiley & Sons, 1971. 532p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. 2.ed. New York : McGraw-Hill, 1980. 633p.
- VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. Piracicaba : ESALQ, 1970. 110p. Tese de Livre Docência.