

AVALIAÇÃO DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM UMA POPULAÇÃO AMAZÔNICA DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum) POR PROCEDIMENTOS MULTIVARIADOS¹

Adair José Regazzi²

Glória Maria Escalante Machado³

José Marcelo Soriano Viana⁴

Cosme Damião Cruz⁵

Maria José Granate⁶

RESUMO

O cupuaçuzeiro é uma fruteira amazônica que produz frutos industrializáveis em forma de compotas, doces, chocolate, sucos e cosméticos, o que justifica a importância de pesquisas visando ao seu melhoramento genético. Para avaliar a divergência genética intrapopulacional, foi utilizado um experimento com 20 progênies de meios-irmãos no delineamento de blocos casualizados completos, com três repetições, em três safras sucessivas no ano agrícola 96-97, conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Amazonas, em Manaus, AM. Foram avaliadas sete características relevantes para o melhoramento da espécie. As técnicas empregadas foram análise de variância multivariada, análise por variáveis canônicas e análise de agrupamento com distância generalizada de Mahalanobis e o método de Tocher. A análise de variância multivariada foi eficiente na avaliação das progênies, evidenciando a presença de variabilidade genética. As duas primeiras variáveis canônicas concentraram mais de 80%

¹ Aceito para publicação em 25-04-2002

² Dep. de Informática, UFV, 36571-000 Viçosa, MG. adairreg@mail.ufv.br

³ Doutoranda da UFV, Professora da Universidade Federal do Amazonas (*in memoriam*).

⁴ Dep. de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG. jmsviana@mail.ufv.br

⁵ Dep. de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG. cdcruz@mail.ufv.br

⁶ EPAMIG, Vila Gianetti, 46, 36571-000 Viçosa, MG. granate@correio.ufv.br

da variância total. A característica que menos contribuiu para a divergência foi o peso médio de frutos. Com base no estudo de divergência genética entre as 20 progênies, vários cruzamentos entre plantas geneticamente superiores e divergentes foram recomendados, visando à obtenção de híbridos para uso industrial de polpa e sementes.

Palavras-chaves: melhoramento genético, variáveis canônicas, distância de Mahalanobis, método de Tocher.

ABSTRACT

INTRAPOPULATIONAL GENETIC DIVERGENCE EVALUATION IN PATASHTE (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum) BY MULTIVARIATE ANALYSIS

Patashte is an Amazonian fruit tree whose fruit may be processed as jams, sweets, chocolate, juices and cosmetics, hence justifying the importance of genetics and breeding research. In order to evaluate the genetic divergence among 20 half-sib progenies of patashte, an experiment, arranged in a randomized complete-block design with three replications was conducted at the Experimental Farm of 'Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade do Amazonas', at Manaus, State of Amazonas, in three successive harvesting periods in the 1996-1997 agricultural year. Seven traits were measured and used in multivariate analysis of variance, analysis of canonical variables and cluster analysis with Mahalanobis generalized distance and Tocher's grouping method. The multivariate analysis of variance was efficient to show genetic variability among the progenies evaluated. The first two canonical variables concentrated more than 80% of the total variance. Analysis of relative importance of the evaluated traits in the genetic divergence indicated fruit mean weight as the least important. Several crosses between genetically superior and divergent plants were recommended based on genetic divergence analysis.

Key words: breeding, canonical variates, Mahalanobis distance, Tocher's method.

INTRODUÇÃO

Há grande interesse no desenvolvimento da cultura do cupuaçuzeiro no Amazonas e no Pará, em virtude da versatilidade de sua utilização, trazendo perspectivas de instalação de novas indústrias e de exportação dos seus derivados. A polpa é a parte mais consumida, principalmente em sucos, mas pode ser processada como compota, geléia, néctar, iogurte, pudim, sorvete, licor, bala, biscoito e bolo. Das sementes podem ser obtidos chocolate e gordura, e a casca pode ser transformada em adubo, pois contém nitrogênio, fósforo e potássio (22, 24). O sorvete já é comercializado nos EUA, e a gordura é usada na indústria de cosméticos no Reino Unido (23) e no Brasil.

Trata-se de uma espécie ainda em fase de domesticação, com pouca pesquisa na área de melhoramento genético (1, 7, 9, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 22, 23, 24). Para o desenvolvimento desta cultura são necessários estudos de genética e de melhoramento, visto que a sua exploração ainda é semi-

extrativa (22) e os plantios não se baseiam em variedades melhoradas (20), produtivas e resistentes às doenças (18). A avaliação de progênies de plantas perenes, além de permitir selecionar as progênies *per se*, pode ser utilizada para selecionar as plantas matrizes, já que a reprodução assexuada é viável em cupuaçuzeiro (20).

No melhoramento destinado à produção de polpa, deve-se buscar alta produtividade de polpa; elevado peso médio de polpa; muitos frutos por planta; frutos grandes, de casca fina, com poucas sementes; e sementes pequenas e resistentes às principais pragas e doenças. O ideótipo no melhoramento voltado para produção de sementes inclui alta produtividade de sementes; elevado peso médio de sementes; muitos frutos por planta; frutos grandes, de casca fina, com muitas sementes; e sementes grandes e resistentes às principais pragas e doenças.

O estudo da divergência genética permite identificar os genótipos que poderão ser recomendados para cruzamentos, em futuros programas de melhoramento, visando ao desenvolvimento de variedades melhoradas (17). Vários procedimentos multivariados foram utilizados no estudo da divergência genética de cacauzeiro, por Dias e Kageyama (5, 6); de batata-doce, por Oliveira et al. (15); de eucalipto, por Scapim et al. (17); e de capim-elefante, por Shimoya (18).

O objetivo deste trabalho é contribuir para o melhoramento genético desta espécie, identificando progênies superiores para recombinação e plantas superiores e divergentes para cruzamentos, visando ao aproveitamento da heterose em híbridos. Serão empregadas análise de variância multivariada, objetivando testar a igualdade dos vetores de médias das progênies; análise por variáveis canônicas, para identificar as características de menor importância com relação à divergência genética; e análise de agrupamento, com a finalidade de avaliar o grau de divergência.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento com 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, provenientes de plantas obtidas em diferentes locais do Estado do Amazonas, na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade do Amazonas, em Manaus, em 1996-97. O clima é tipicamente equatorial, caracterizado pela ausência de estação seca, com a temperatura média do mês mais frio nunca inferior a 18°C e a precipitação do mês mais seco acima de 60 mm. O solo é Latossolo Amarelo distrófico, de textura muito argilosa.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por três linhas de quatro plantas cada uma, com 7 x 7 m de espaçamento. A coleta dos dados foi efetuada nas plantas da fileira central, em cinco frutos por planta. As medições

foram realizadas em três safras, num mesmo ano agrícola (96/97). Avaliaram-se as seguintes características: PMF - peso médio de frutos, em quilograma; PMP - peso médio da polpa, em quilograma; PMC - peso médio da casca, em quilograma; PMS - peso médio das sementes, em quilograma; EC - espessura média da casca, em mm; NS - número médio de sementes por fruto; e PFP - produção de frutos por planta, em quilograma, calculada pelo produto entre peso médio de fruto e número médio de frutos produzidos por planta.

Análise de variância multivariada

variável ($k = 1, 2, \dots, p=7$), na j -ésima repetição ($j = 1, \dots, b=3$), da i -ésima progênie ($i = 1, 2, \dots, g=20$); μ_k é a média geral da k -ésima variável; G_{ik} é o efeito da i -ésima progênie, na k -ésima variável; B_{jk} é o efeito do j -ésimo bloco, na k -ésima variável; e e_{ijk} é o erro aleatório associado à observação Y_{ijk} , em que os erros têm distribuição normal multivariada p -

dimensional, com vetor nulo de médias e uma matriz de covariância Σ comum a todas as combinações i e j . Os erros correspondentes a diferentes unidades experimentais em cada bloco são independentemente distribuídos. Na forma matricial, esse modelo linear é dado por $Y = XB + \varepsilon$, em que Y é a matriz de observações, de dimensão $(gb \times p)$; X é a matriz do delineamento, de dimensão $\{gb \times (1 + g + b)\}$; B é a matriz de parâmetros, de dimensão $\{(1 + g + b) \times p\}$; e ε é a matriz de erros, de dimensão $(gb \times p)$.

A hipótese H_0 a ser testada, considerando-se g progênies e p variáveis, é a de igualdade dos vetores de médias de progênies, isto é, $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_g$. O teste de significância aplicado foi o de Wilks, cuja

estatística é $\Lambda = \frac{\det E}{\det(H + E)} = \frac{|E|}{|H + E|}$, em que E é a matriz de soma de

quadrados e de produtos do resíduo; e H é a matriz de soma de quadrados e de produtos de progênies. O nível de significância adotado foi α até 5% de probabilidade e a regra de decisão, a seguinte: rejeita-se H_0 :

$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_g$ ao nível de significância α se a estatística Λ for menor

que o valor tabelado $\Lambda(\alpha, p, g-1, n_e)$, em que n_e é o número de graus de liberdade do resíduo. Caso contrário, não se rejeita H_0 . Alternativamente, pode-se transformar a estatística Λ em F (8) e consultar as tabelas usuais do teste F .

Análise por variáveis canônicas

A análise com base em variáveis canônicas foi relatada por Rao (16). Segundo Cruz e Regazzi (4), as características menos importantes na variância, o maior coeficiente de ponderação está associado a um caráter já previamente descartado, tem-se optado por não fazer nenhum outro descarte com base nos coeficientes daquela variável canônica, mas prosseguir a identificação da importância relativa dos caracteres na outra variável de variância imediatamente superior.

Os passos para a obtenção das variáveis canônicas são os seguintes:

(a) calculam-se os autovalores da matriz $R^{-1}T$, em que $R = \frac{E}{n_e}$ é a matriz

de covariância residual e $T = \frac{H}{b(g-1)}$ é a matriz de covariância

fenotípica; e (b) calculam-se os autovetores associados a cada autovalor. Os elementos dos autovetores são os coeficientes das variáveis canônicas associados às variáveis originais. Os autovetores v_j são tais que

$$v_j' R v_j = 1 \text{ e } v_j' R v_{j'} = 0, \text{ para } j \neq j'.$$

Como os coeficientes (elementos dos autovetores) são influenciados pela escala de avaliação das variáveis, recomenda-se que a avaliação seja feita a partir dos coeficientes associados às variáveis padronizadas, ou seja,

$\partial_j = c_j \sqrt{\hat{\sigma}_j^2}$, em que ∂_j = coeficiente de ponderação associado à variável padronizada; c_j = coeficiente de ponderação associado à variável original; e $\hat{\sigma}_j^2$ = quadrado médio do resíduo associado à j -ésima variável. É

importante ressaltar que a obtenção das variáveis canônicas a partir dos autovalores das matrizes $E^{-1}H$ ou $R^{-1}T$ conduz exatamente às mesmas conclusões.

Análise de agrupamento

A distância generalizada de Mahalanobis (ao quadrado) entre as progênies i e i' é dada por $D_{ii'}^2 = (\bar{X}_{\sim i} - \bar{X}_{\sim i'})' R^{-1} (\bar{X}_{\sim i} - \bar{X}_{\sim i'})$, em que R é a

matriz de covariância residual; e $\bar{X}_{\sim i}$ e $\bar{X}_{\sim i'}$, são os vetores p -dimensionais

de médias das progênies i e i' , respectivamente, com $i \neq i'$ e $i, i' = 1, 2, \dots, g$ (13). No método de Tocher, citado por Rao (16), adota-se o critério de que a média das medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos. A decisão de incluir uma progênie em um grupo foi tomada por meio da comparação entre o acréscimo no valor médio da distância dentro do grupo e o valor máximo da distância encontrada no conjunto das menores distâncias envolvendo cada progênie.

As análises estatísticas por safra, utilizando-se as médias das três safras, foram feitas usando o Programa Genes (3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância multivariada permitiu verificar que existe diferença significativa, a 1% de probabilidade, pelo teste de Wilks, entre os vetores de médias das 20 progênies avaliadas, nas três safras, indicando que há variabilidade genética na população, de modo a permitir seu melhoramento genético (Quadros 1, 2 e 3). Por se tratar de trabalho inicial de melhoramento, deve-se praticar a seleção tendo em vista a população destinada à produção de polpa e chocolate. A seleção entre será eficiente, pois os valores de herdabilidade são, em geral, elevados e a repetibilidade de PFP, PMF, PMP e PMS evidencia que pelo menos duas medidas são suficientes para a discriminação das progênies (9). Apesar da interação progênies x safras significativa quanto à PFP e ao PMF, as unidades superiores em pelo menos duas safras são 1, 2, 11, 12, 13 e 15.

A variância acumulada nas duas primeiras variáveis canônicas é superior a 80% nas três safras (Quadros 4, 5 e 6). Na primeira (Quadro 4), verificou-se que a característica peso médio de frutos é a que possui maiores coeficientes em valor absoluto nas três últimas variáveis canônicas, pelo que esta característica pode ser considerada a que menos contribuiu para a divergência genética. A análise dos dados da segunda safra (Quadro 5) mostra que as características com coeficientes de maior valor absoluto nas três últimas variáveis canônicas são peso médio da polpa, peso médio das sementes e número de sementes. Estas três

características podem ser consideradas as que menos contribuíram para a divergência genética. Na terceira safra (Quadro 6), verifica-se que as características com maiores coeficientes são peso médio de frutos, nas variáveis canônicas seis e sete, e peso médio de sementes, na variável canônica cinco, sendo estas as que menos contribuíram para a divergência genética. Em geral, pode-se concluir que peso médio de frutos foi a característica que menos contribuiu para a divergência genética.

Na primeira safra, as progênies de maior distância entre si são a 10 e a 12, com $D^2 = 92,42$, e as de menor a 17 e a 18, com $D^2 = 0,99$. Na segunda safra, as mais divergentes são a 10 e a 11, com $D^2 = 71,01$, e as menos a 4 e a 5, com $D^2 = 1,38$. Na terceira safra, as progênies de maior divergência são a 10 e a 11, com $D^2 = 159,59$, e as de menor a 7 e a 8, com $D^2 = 0,81$. Destas, apenas a 11 e a 12 têm pai comum genotipicamente superior.

Os grupos formados pelo método de Tocher (2, 3, 4, 16), com base na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis, são apresentados no Quadro 7, relativamente a cada uma das três safras e considerando a média das três. Em cada grupo figuram as progênies mais semelhantes em relação às sete características avaliadas. Verifica-se que os grupos formados em cada safra foram bastante diferentes.

Na escolha de progenitores para cruzamento é importante combinar desempenho superior nas características de interesse com máxima divergência (4). Como a heterose pode ser aproveitada nesta espécie, mesmo na fase inicial do programa, a partir da multiplicação vegetativa de híbridos de plantas geneticamente superiores, selecionadas pelo desempenho de suas progênies, a análise de divergência deve proporcionar a identificação dos melhores cruzamentos.

Em relação à primeira safra, os cruzamentos recomendados seriam: (i) das progênies 1 e 2 (correspondendo às identificações de suas progênies) com as progênies 11, 12, 13 e 15, gerando oito híbridos; (ii) das progênies 13 e 15 com 11 e 12, gerando quatro híbridos; e (iii) entre as progênies 11 e 12. Os indicados com base na segunda safra são: (i) das progênies 1, 2, 11 e 12 com 13 e 15, gerando oito híbridos, e (ii) entre as progênies 13 e 15. Pela análise de divergência na terceira safra são recomendados os seguintes cruzamentos: (i) das progênies 1 e 2 com as progênies 11, 12, 13 e 15, gerando oito híbridos; (ii) das progênies 11 e 12 com 13 e 15, gerando quatro híbridos; e (iii) entre as progênies 13 e 15. A avaliação destes híbridos e identificação dos melhores pode resultar em uma ou mais populações comerciais a curto prazo, voltadas para uso industrial da polpa e das sementes.

QUADRO 1 - Estimativas dos vetores de médias de progênies das características peso médio de frutos (PMF), peso médio da casca (PMC), peso médio da polpa (PMP), peso médio das sementes (PMS), espessura média da casca (EC), número médio de sementes por fruto (NS) e produção média de frutos por plantas (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na primeira safra, no ano agrícola 96-97, em Manaus, AM

		Progênies: $\Lambda=0,002566^{**}$																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PMF	[12433	10723	0,8620	0,8200	0,7917	0,7537	0,6517	0,5980	0,4700	0,3653	13600	12487	11580	11330	1077	0,9547	0,8503	0,7770	0,6507	0,5453	
PMC	0,5327	0,4457	0,4133	0,4100	0,3303	0,3537	0,2933	0,3177	0,2133	0,2147	0,5133	0,6580	0,4837	0,6043	0,4440	0,4707	0,4340	0,3777	0,3177	0,2990	
PMP	0,5193	0,4107	0,2690	0,2800	0,3317	0,2697	0,1783	0,2003	0,1467	0,1043	0,5687	0,4263	0,5190	0,3640	0,4787	0,3330	0,2783	0,2727	0,2573	0,1743	
PMS	0,1913	0,2160	0,1793	0,1300	0,1297	0,1303	0,1800	0,0800	0,1100	0,0463	0,2780	0,1910	0,1553	0,1647	0,1547	0,1510	0,1380	0,1267	0,0727	0,1023	
EC	7,3333	5,6667	8,0000	8,0000	6,6667	7,3333	7,0000	8,3333	5,3333	7,3333	6,6667	7,0000	7,0000	8,3333	8,0000	7,6667	7,3333	6,6667	7,6667	6,6667	
NS	34,00	46,67	36,67	30,67	25,00	21,00	34,00	19,33	25,67	9,3333	47,00	36,00	35,33	31,00	31,33	31,67	32,3333	30,33	16,33	17,67	
PFP	9,0933	7,8310	5,4773	5,3733	5,2767	5,9747	3,7250	3,4020	2,6867	1,4847	11,3233	11,6113	11,2400	9,0573	12,9093	9,6493	7,9197	6,9930	7,7723	4,9910	

** : Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Wilks.

QUADRO 2 - Estimativas dos vetores de médias de progênies das características peso médio de frutos (PMF), peso médio da polpa (PMP), peso médio das sementes (PMS), espessura média da casca (EC), número médio de sementes por lúcula média de frutos por plantas (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na segunda safra, 96-97, em Manaus, AM

	Progênies: $\Lambda=0,004948^{**}$																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20		
PMF	1,3473	1,2323	1,0407	0,9200	0,8767	0,7423	0,7160	0,8827	0,4560	1,3637	1,1850	1,0270	0,8710	0,8480	0,7913	0,7413	0,7177	0,7177	0,7177	
PMC	0,5320	0,5533	0,4710	0,4067	0,4157	0,3270	0,3357	0,3440	0,2040	0,5317	0,5213	0,2980	0,3707	0,3043	0,2813	0,2983	0,3417	0,3417	0,3417	
PMP	0,5527	0,4673	0,3907	0,3390	0,3257	0,2943	0,2710	0,3810	0,1517	0,5327	0,4547	0,3720	0,3250	0,3253	0,3220	0,3003	0,2543	0,2543	0,2543	
PMS	0,2627	0,2117	0,1790	0,1743	0,1353	0,1210	0,1093	0,1577	0,1003	0,2993	0,2107	0,2533	0,1753	0,2183	0,1730	0,1437	0,1217	0,1217	0,1217	
EC	7,0000	6,667	6,3333	6,0000	6,3333	4,6667	6,3333	4,3333	4,3333	8,3333	7,6667	7,0000	7,0000	5,3333	5,0000	5,6667	6,6667	6,6667	6,6667	
NS	4100	33,00	3100	29,00	23,67	26,67	27,33	35,67	25,67	35,67	44,33	33,67	38,67	39,00	3100	32,33	22,33	22,33	22,33	
PFP	11,2927	11,5860	7,8227	8,0813	6,6273	6,4803	5,2433	7,0803	2,9690	13,1267	12,9770	11,2467	7,8390	10,2560	8,4453	8,5810	7,1750	7,1750	7,1750	

** : Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Wilks.

QUADRO 3 - Estimativas dos vetores de médias de progênies das características peso médio de frutos (PMF), peso médio da casca (PMC), peso médio da polpa (PMP), peso médio das sementes (PMS), espessura da casca (EC), número médio de sementes por fruto (NS) e produção média de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios irmãos de cupuaçuzeiro, na terceira safra, no ano agrícola 96-97, em Manaus, AM

		Progênies: $\Lambda=0,002398^{**}$																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PMF		15007	13633	12833	11567	11197	10687	09500	09310	08900	07947	15347	13657	12387	11940	11290	10803	09767	09650	08160	07367
PMC		0,5717	0,5610	0,4903	0,4340	0,4687	0,4473	0,3610	0,3453	0,3790	0,3063	0,7007	0,6687	0,5093	0,4743	0,4777	0,4647	0,4193	0,3910	0,4027	0,3153
PMP		0,7223	0,5957	0,5713	0,5613	0,4463	0,4423	0,4200	0,4310	0,3873	0,3493	0,6370	0,5230	0,5350	0,4807	0,4623	0,4240	0,3650	0,3973	0,2870	0,2917
PMS		0,2127	0,2067	0,2217	0,1880	0,1987	0,1790	0,1690	0,1573	0,1237	0,1390	0,2120	0,1740	0,1943	0,2400	0,1890	0,1827	0,1923	0,1767	0,1263	0,1297
EC		7,3333	8,6667	7,3333	8,0000	8,0000	8,3333	8,3333	7,3333	8,3333	7,6667	9,0000	8,6667	8,6667	7,6667	7,0000	7,0000	7,0000	8,6667	10,0000	8,0000
NS		36,67	37,33	39,00	29,67	34,67	36,33	30,33	26,00	22,33	26,33	32,33	29,00	33,67	41,00	30,00	35,67	33,33	30,33	23,67	30,00
PFP		14,6467	13,5760	13,3077	13,7560	10,3540	9,8773	6,3193	7,0057	6,8337	4,8983	24,3400	19,4253	15,1443	15,7750	19,0933	13,0887	11,7737	11,3047	10,8597	9,8983

** : Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Wilks.

QUADRO 4 - Variáveis canônicas e coeficientes associados às variáveis padronizadas para medida da importância relativa das características avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na primeira safra, no ano agrícola 96-97, em Manaus, AM

Coeficientes										
VC	Variância (autovalor λ_k)	Variância (%)	Variância acumulada (%)	PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PPF
VC ₁	7,097996	63,69	63,69	-1,377226	1,724594	1,621307	0,694136	0,087963	0,239427	0,212837
VC ₂	2,341095	21,01	84,66	1,199756	-1,590049	-1,162471	-1,153211	-0,300148	-0,278197	1,178337
VC ₃	0,653703	5,86	90,56	-4,705627	3,549924	2,820930	1,954652	0,569741	-0,018004	0,274998
VC ₄	0,443064	3,97	94,54	0,573925	0,111070	0,185996	-0,732215	0,191307	-0,160992	-0,473491
VC ₅	0,275139	2,47	97,01	1,752970	-1,267100	-1,485637	-1,466925	0,228160	1,180695	0,037847
VC ₆	0,234219	2,10	99,11	3,209135	-2,939889	-2,378323	-0,625260	0,884183	-0,219475	0,087334
VC ₇	0,099444	0,89	100,00	-3,846625	2,414032	3,314035	0,982433	0,455398	0,596739	-0,135362

VC = variáveis canônicas; PMF = peso médio de frutos; PMC = peso médio da casca, PMP = peso médio da polpa, PMS = peso médio das sementes; EC = espessura média da casca; NS = número médio de sementes por fruto; e PFP = produção média de frutos por planta.

QUADRO 5 - Variáveis canônicas e coeficientes associados às variáveis padronizadas para medida da importância relativa das características avaliadas em 20 progênes de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na segunda safra, no ano agrícola 96-97, em Manaus, AM

Coeficientes

VC	Variância (autovalor λ_k)	Variância (%)	Variância acumulada (%)	PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PFP
VC ₁	5,012536	57,77	57,77	1,304264	-0,172414	-0,320085	0,252973	0,091602	-0,593481	0,167610
VC ₂	2,119984	24,43	82,20	-0,254884	-1,127374	-0,259399	-0,956578	0,817391	0,776099	1,140494
VC ₃	0,661291	7,62	89,82	2,474309	-1,963773	-0,910710	-1,160317	0,961996	0,292868	-0,898095
VC ₄	0,495855	5,71	95,54	-2,591635	2,024458	1,597497	0,654293	0,384264	0,402494	0,042707
VC ₅	0,271105	3,12	98,66	0,503148	-0,669297	0,239208	-0,593884	0,065795	1,130194	-0,383064
VC ₆	0,0699175	0,80	99,46	0,930661	-0,844098	0,007311	-1,322796	-0,032330	-0,086714	0,140240
VC ₇	0,047060	0,54	100,00	-1,351047	0,366365	1,395167	0,737911	0,141250	-0,271010	-0,030572

VC = variáveis canônicas; PMF = peso médio de frutos; PMC = peso médio da casca; PMP = peso médio da polpa; PMS = peso médio das sementes; EC = espessura média da casca; NS = número médio de sementes por fruto; e PFP = produção média de frutos por planta.

QUADRO 6 - Variáveis canônicas e coeficientes associados às variáveis padronizadas para medida da importância relativa das características avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na terceira safra, no ano agrícola 96-97, em Manaus, AM

VC	Coeficientes									
	Variância (autovalor λ_k)	Variância (%)	Variância acumulada (%)	PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PFP
VC ₁	10,342575	70,84	70,84	2,653705	-0,609187	-2,091270	-1,070638	-0,236949	0,164722	0,692728
VC ₂	2,768580	18,96	89,80	-1,941706	0,657348	0,576450	0,408548	0,302782	-0,208982	0,841990
VC ₃	0,639093	4,38	94,18	-6,955431	3,052794	5,965615	3,249332	-0,064412	-0,252104	0,179488
VC ₄	0,458892	3,14	97,32	-4,258913	2,467135	3,578688	1,581515	0,470682	-0,511119	-0,258145
VC ₅	0,188652	1,29	98,61	-0,324042	-0,090520	0,719623	-1,385598	-0,001204	1,339038	0,234356
VC ₆	0,123765	0,85	99,46	1,874117	-0,957934	-1,402106	-0,719470	-0,593904	-0,682401	0,048025
VC ₇	0,078590	0,54	100,00	-4,724445	2,769221	3,565115	1,545301	-0,639313	0,459162	-0,193175

VC = variáveis canônicas; PMF = peso médio de frutos; PMC = peso médio da casca; PMP = peso médio da polpa; PMS = peso médio das sementes; EC = espessura média da casca; NS = número médio de sementes por fruto; e PFP = produção média de frutos por planta.

QUADRO 7 - Agrupamentos pelo método de Tocher, baseados na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis relativa a sete características estimadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, em três safras consecutivas, considerando a média destas no ano agrícola 96-97, em Manaus, AM

Safra	Grupo	Progênies
Primeira	I	17, 18, 16, 6, 5, 4
	II	1, 14, 2
	III	9, 10, 8
	IV	3, 7
	V	13, 15
	VI	11
	VII	12
	VIII	19
	IX	20
Segunda	I	4, 5, 3, 8, 6, 7, 9, 18, 16, 14, 17, 15, 20, 10, 19
	II	1, 2, 11, 12
	III	13
Terceira	I	7, 8, 9, 10
	II	5, 6, 17, 18, 16, 13, 14, 3
	III	1, 2
	IV	19, 20
	V	11, 12
	VI	15
	VII	4
Média	I	4, 5, 16, 15, 17, 6, 18, 8, 14
	II	10, 20, 9, 19
	III	1, 2, 12
	IV	3, 13
	V	11

Como a maturação dos frutos ocorre de forma contínua (19, 20), mas com produção máxima de fevereiro a abril e mínima de julho a setembro (20), na primeira safra devem ser selecionadas plantas de produção precoce, na segunda as de produção na época de pico e na terceira as de produção tardia. A seleção de plantas para maturação precoce, mediana e tardia é interessante para frutos que se destinam à industrialização, porque aumenta o período da colheita, da utilização da mão de obra e das instalações industriais e da oferta dos produtos processados (20).

Considerando que vários autores se referem a uma única safra anual (7, 19, 20), decidiu-se tomar a média dos dados das três safras e aplicar as mesmas estratégias de análise adotadas em cada uma, a fim de fornecer mais elementos de estudo e comparação aos melhoristas desta fruteira. A análise de variância multivariada permitiu verificar que os vetores de médias das 20 progênies avaliadas diferem significativamente pelo teste de Wilks ($\Lambda = 0,002997$; $P < 0,01$), confirmando a variabilidade genética entre progênies. A primeira variável canônica concentra 85% da variância total. As características peso médio de frutos e peso médio de sementes são as de menor importância relativa para a divergência genética. A característica peso médio de frutos é assim confirmada como a de menor. Visando à seleção de híbridos superiores, são recomendados os seguintes cruzamentos: (i) das progênies 1, 2 e 12 com 11, 13 e 15, gerando nove híbridos, e (ii) entre as progênies 11, 13 e 15, gerando três híbridos.

CONCLUSÕES

1) Técnicas de análise multivariada permitem avaliar progênies e plantas considerando várias características simultaneamente, aproveitando, desta forma, a correlação entre elas.

2) Há variabilidade genética na população, de modo a permitir seu melhoramento genético.

3) Segundo a análise por variáveis canônicas, a característica que menos contribui para a divergência genética entre as progênies é o peso médio de frutos.

4) Com base no estudo de divergência genética entre as 20 progênies, avaliada com base em sete características agrônômicas de frutos, vários cruzamentos entre plantas geneticamente superiores e divergentes são recomendados, visando à obtenção de híbridos para uso industrial de polpa e sementes.

REFERÊNCIAS

1. BENCHIMOL, R.L.; ALBUQUERQUE, F.C. & NASCIMENTO, R.M. Aspectos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro na microrregião de Belém, PA. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36: 279-83, 2001.
2. CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. Piracicaba, Escola Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", 1990. 188p. (Tese de Doutorado).
3. CRUZ, C.D. Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, Editora UFV, 2001. 648 p.

4. CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2 ed. Viçosa, Imprensa Universitária, 1997. 390p.
5. DIAS, L.A.S. & KAGEYAMA, P.Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). Brazilian Journal of Genetics, 20: 63-70, 1997.
6. DIAS, L.A.S. & KAGEYAMA, P.Y. Temporal stability of multivariate genetic divergence in cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia conditions. Euphytica, 93:181-7, 1997.
7. FALCÃO, M.A.; MORAIS, R.R. & CLEMENT, C.R. Influência da vassoura de bruxa na fenologia do cupuaçuzeiro. Acta Amazônica, 29: 13-9, 1999.
8. HARRIS, R. J. A primer of multivariate statistics. New York., Academic Press, 1975. 332p.
9. MACHADO, G. M. E.; REGAZZI, A. J.; VIANA, J. M. S.; CRUZ, C. D. & GRANATE, M. J. Estimação de parâmetros genéticos de uma população amazônica de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd Ex Spreng) Schum). Revista Ceres, 49: 13-27, 2002.
10. MCGRATH, D.A.; COMERFORD, N.B. & DURYEY, M.L. Litter dynamics and monthly fluctuations in soil phosphorus availability in an Amazonian agroforest. Forest Ecology and Management, 131: 167-81, 2000.
11. MCGRATH, D.A; DURYEY, M.L. & CROPPER, W.P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. Agriculture Ecosystems & Environment, 83: 271-84, 2001.
12. MÜLLER, C.H. & CARVALHO, J.E.U. Sistemas de propagação e técnicas de cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) In: Seminário Internacional sobre Pimentado-Reino e Cupuaçu, 1º, Belém, 1996. Anais, EMBRAPA/Amazônia Oriental/JICA, 1997, p. 57-75.
13. MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistics. Proceedings of Natural Institute of Sciences, 2:49-55, 1936.
14. MAXWELL, A.E. Multivariate analysis in behavioural research. London, Chapman & Hall, 1977. 434p.
15. OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.; SEDIYAMA, T. & CRUZ, C.D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. Acta Scientiarum, 22: 895-900, 2000.
16. RAO, R.C. Advanced statistical methods in biometric research. New York, John Wiley and Sons, 1952. 390p.
17. SCAPIM, C.A.; PIRES, I.E.; CRUZ, C.D.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; BRACCINI, A.L. & OLIVEIRA, V.R. Avaliação da diversidade genética em *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, por meio da análise multivariada. Revista Ceres, 46: 347-56, 1999.
18. SHIMOYA, A. Comportamento *per se*, divergência genética e repetibilidade em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher). Viçosa, UFV, 2000.147p. (Tese de Doutorado).
19. SOUSA, N.R.; ANTONIO, I.C. & NUNES, C.D.M. Estratégias reprodutivas e polinização artificial em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann). Revista da Universidade do Amazonas, Série Ciências Agrárias, 4/5(1/2):31-7, 1995/1996.
20. SOUZA, A.G.C. Avaliação de progênies de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum). Viçosa, UFV, 1994. 95p. (Tese de Doutorado).
21. SOUZA, M.D.B. Análise de crescimento de mudas de sete genótipos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum.). Viçosa, UFV, 1998. 65p. (Tese de Mestrado).
22. VENTURIERE, G.A. Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém, Clube do Cupu, 1993. 108p.

23. VENTURIERE, G.A Estimativa da área foliar e do peso de folhas secas de plantas jovens de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. – Sterculiaceae) por métodos não destrutivos. *Acta Amazônica*, 25: 3-10, 1995.
24. VENTURIERE, G.A. & RIBEIRO FILHO, A.A. A polinização manual do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). *Acta Amazônica*, 25: 181-92, 1995.