

# ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS DE UMA POPULAÇÃO AMAZÔNICA DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum)<sup>1</sup>

Glória Maria Escalante Machado<sup>2</sup>

Adair José Regazzi<sup>3</sup>

José Marcelo Soriano Viana<sup>4</sup>

Cosme Damião Cruz<sup>5</sup>

Maria José Granate<sup>6</sup>

## RESUMO

O cupuaçuzeiro é uma fruteira amazônica promissora, destinada principalmente para fins industriais. Contudo sua expansão requer pesquisas que promovam o melhoramento genético e ambiental. Visando ao desenvolvimento de material melhorado, foram avaliadas 20 progênes de meios-irmãos, na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 20 tratamentos e três repetições. As 20 progênes foram medidas em três períodos (três safras) sucessivos, no ano agrícola 1996/97. Vários parâmetros genéticos foram estimados. O método dos componentes principais foi usado para estimar o coeficiente de repetibilidade. Em todos os caracteres avaliados, detectou-se a presença de variabilidade genética significativa. Os valores estimados para a herdabilidade indicam que a seleção será eficiente para várias características. São necessárias pelo menos duas medições nas características peso médio dos frutos e produção

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 18.12.2001.

<sup>2</sup> *In memoriam*, Doutoranda da UFV, Professora da Universidade Federal do Amazonas.

<sup>3</sup> Dep. Informática, UFV, 36571-000 Viçosa, MG. adairreg@mail.ufv.br

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

<sup>5</sup> Dep. Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG. cdacruz@mail.ufv.br

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

de frutos por planta, para se ter 95% de confiabilidade do valor fenotípico médio como indicador do valor genotípico. Pelo menos duas medições nas características peso médio da polpa e peso médio das sementes são necessárias para se ter 90% de confiabilidade de o valor fenotípico revelar a superioridade das unidades de seleção.

Palavras-chaves: melhoramento genético, seleção, herdabilidade, repetibilidade.

## ABSTRACT

### ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS IN A PATASHTE (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum) AMAZONIAN POPULATION

Pastashte is a promising Amazonian fruit, cultivated mainly for industrial purposes. Its expansion needs research to promote genetic and environmental breeding. In order to obtain better cultivars, 20 half-sib progenies of patashte were evaluated at the Experimental Farm of Faculdade de Ciências Agrárias of Universidade Federal do Amazonas, at Manaus, Amazonas State. The experiment was set in a randomized complete-block design, with 20 treatments and 3 blocks. The 20 progenies were evaluated in 3 successive harvesting periods, in the 1996-97 agricultural year. Several genetic parameters were evaluated. The principal components method was used to estimate repeatability coefficient. Significant genetic variability for all variables under study was detected. The estimated heritability values indicate that selection in several traits will be efficient. At least two measurements on average fruit weight and fruit production per plant are necessary to obtain 95% confidence that its phenotypic value indicates the genotypic value. At least two measurements on average pulp weight and average seed weight are necessary to obtain 90% confidence that phenotypic value shows the superiority of the selection units.

Key words: breeding, selection, heritability, repeatability.

## INTRODUÇÃO

No Estado do Amazonas, a fruticultura vem se destacando pela sua importância sócio-econômica. A participação das frutas, no conjunto das atividades agrícolas, vem evoluindo ano após ano, devido à utilização de técnicas mais avançadas de produção e de aproveitamento industrial, à melhoria do sistema de distribuição, à racionalização da comercialização interna e externa e ao aumento do valor de exportação. Em Manaus, do volume total de produtos agrícolas comercializados nos anos de 1990 e 1991, 33% foram atribuídos às frutas, destacando-se o cupuaçu, a laranja, a pupunha, o coco, a banana, o mamão, o abacaxi, o maracujá, a melancia e a graviola.

Na Bacia Amazônica, onde as taxas de devastação florestal são as maiores do mundo, o aumento da produtividade do solo com o uso de culturas perenes, em sistemas agroflorestais, pode permitir aos pequenos e médios agricultores obterem melhores resultados econômicos com menor desmatamento (5). O cupuaçuzeiro que, em cultivos comerciais, tem de 6 a

8 m de altura e 7 m de diâmetro de copa (9), enquadra-se neste tipo de exploração agroflorestal. É uma alternativa de muito interesse, pois seus produtos atingem alto valor econômico com muito menor degradação do solo do que as culturas anuais tradicionais (4), o que constitui um cultivo bastante promissor, pois possui aptidão para ser utilizado em áreas de terra firme da região (9), podendo ser implantado, com baixo custo, em trilhas abertas em capoeiras e áreas abandonadas, após os cultivos anuais sucessivos, dispersando por toda a Bacia.

Atualmente, o cupuaçu vem sendo cultivado de forma expressiva no Pará, no Amazonas e em Rondônia, com cultivos principalmente para fins industriais, com boas perspectivas de exportação de seus derivados, como sucos, gelados, polpa, doces, compotas e licores.

O cupuaçuzeiro de frutos redondos, o mais comum na região, produz frutos com peso médio de 1.500 g, com 30% de polpa aproveitável, e casca de 6 a 9 mm de espessura. Apresenta, em média, 36 sementes por fruto, porém os maiores chegam a ter 51 (9). O peso médio de cada semente varia de 2,9 a 8,8 g (6), o que permite estimar de 104,4 a 316,8 g o peso das sementes por fruto.

A expansão do cultivo desta espécie está dificultada devido às escassas informações agronômicas e à falta de material genético melhorado (3). Em razão de os estudos sobre esta espécie serem relativamente recentes, existem poucos trabalhos publicados. Souza (8) afirma não ter encontrado estudos de comparação de progênies de cupuaçuzeiro. Até 1998 não existia nenhum cultivar recomendado para os produtores. A coleta de material genético e a constituição de bancos de germoplasma iniciaram-se há cerca de dez anos e a avaliação dos materiais coletados e o melhoramento genético são recentes (9).

Este trabalho pretende contribuir para o estudo desta espécie e para o seu melhoramento genético, com a estimação de vários parâmetros genéticos, entre os quais a repetibilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos em experimento conduzido no ano agrícola 1996/1997, na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus, com progênies de meios-irmãos, oriundas de uma população base não avaliada, constituída por plantas vindas de diferentes locais do Estado do Amazonas. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, de textura muito argilosa. Nessa região o clima é chuvoso, quente e úmido, tipicamente equatorial, caracterizado pela inexistência de uma estação seca, sendo a temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C e a precipitação do mês mais seco acima de 60 mm.

Os caracteres avaliados foram: PMF – peso médio de frutos, em quilogramas; PMP – peso médio da polpa, em quilogramas; PMC – peso médio da casca, em quilogramas; PMS – peso médio das sementes, em quilogramas; EC – espessura média da casca, em milímetros; NS – número médio de sementes por fruto; e PFP – produção de frutos por planta, em quilogramas, calculado pelo produto entre peso médio de fruto e número médio de frutos produzidos por planta.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 20 tratamentos (progênies) e três repetições. As parcelas foram constituídas por três fileiras com quatro plantas cada uma, no espaçamento 7 x 7 m, utilizando-se as plantas da fileira central para a coleta dos dados. Foram avaliadas características de cinco frutos por planta, da parcela útil (196 m<sup>2</sup>). As medições foram realizadas em três períodos sucessivos, isto é, em três safras, num mesmo ano agrícola. Os dados das três safras foram analisados individualmente e em conjunto, considerando os modelos estatísticos descritos a seguir.

As análises de variância dos dados de cada safra foram realizadas, considerando o modelo estatístico  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \rho_j + \varepsilon_{ij}$ , em que  $Y_{ij}$  é a observação da  $i$ -ésima progênie no  $j$ -ésimo bloco;  $\mu$  é uma constante inerente a todas as observações;  $\alpha_i$  o efeito aleatório da  $i$ -ésima progênie ( $\alpha_i \sim \text{NID}(0, \sigma_\alpha^2)$ ), com  $i = 1, 2, \dots, g$ ;  $\rho_j$ , o efeito aleatório do  $j$ -ésimo bloco ( $\rho_j \sim \text{NID}(0, \sigma_\rho^2)$ ), sendo  $j = 1, 2, \dots, r$ ; e  $\varepsilon_{ij}$ , o efeito do erro aleatório, em que ( $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ ). O esquema da análise de variância, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios e o teste F para a hipótese  $H_0: \sigma_\alpha^2 = 0$  vs.  $H_a: \sigma_\alpha^2 > 0$ , está apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Esquema da análise de variância dos dados de cada safra, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios e o teste F

FV	GL	QM	E(QM)	F
Blocos	r-1	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_\rho^2$	
Progênies	g-1	QMG	$\sigma^2 + r\sigma_\alpha^2$	QMG/QMR
Resíduo	(r-1)(g-1)	QMR	$\sigma^2$	

Os estimadores da variância fenotípica entre médias de famílias,  $\hat{\sigma}_F^2$ , da variância genotípica,  $\hat{\sigma}_\alpha^2$  (que, neste caso, por se tratar de meios-irmãos é 1/4 da variância aditiva), e da variância residual,  $\hat{\sigma}^2$ , foram obtidos a partir das esperanças dos quadrados médios do Quadro 1, sendo

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{QMG}{r}, \quad \hat{\sigma}_\alpha^2 = \frac{QMG - QMR}{r} \quad \text{e} \quad \hat{\sigma}^2 = QMR.$$

A herdabilidade em nível de média de família de meios-irmãos é

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_F^2}.$$

As análises de variância dos dados das três safras em conjunto foram realizadas adotando-se o modelo estatístico,

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_j + \alpha_i + \gamma_{ij} + \beta_k + \theta_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

em que  $Y_{ijk}$  é a observação no  $j$ -ésimo bloco, da  $i$ -ésima progênie na  $k$ -ésima safra;  $\mu$  uma constante inerente a todas as observações;  $\rho_j$ , o efeito aleatório do  $j$ -ésimo bloco ( $\rho_j \sim \text{NID}(0, \sigma_\rho^2)$ ), sendo  $j = 1, \dots, r$ ;  $\alpha_i$  o efeito aleatório da  $i$ -ésima progênie, acrescido do efeito permanente do meio ( $\alpha_i \sim \text{NID}(0, \sigma_\alpha^2)$ ), sendo  $i = 1, \dots, g$ ;  $\gamma_{ij}$ , o efeito residual das parcelas considerado como resíduo (a) ( $\gamma_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma_\gamma^2)$ );  $\beta_k$ , o efeito fixo da  $k$ -ésima safra, sendo  $k = 1, \dots, s$ ;  $\theta_{ik}$ , o efeito residual devido à interação blocos x safras, considerado como resíduo (b) ( $\theta_{ik} \sim \text{NID}(0, \sigma_\theta^2)$ );  $(\alpha\beta)_{jk}$ , o efeito aleatório da interação progênies x safras ( $(\alpha\beta)_{jk} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\alpha\beta}^2)$ ); e  $\varepsilon_{ijk}$ , o efeito residual das subparcelas, considerado como resíduo (c) ( $\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ ). O esquema da análise de variância com as esperanças matemáticas dos quadrados médios estão apresentados no Quadro 2.

As estimativas dos componentes de variância são obtidas a partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios, apresentadas no Quadro 2. Dado que todos os tratamentos têm o mesmo número de repetições, os estimadores dos componentes de variância são obtidos igualando-se os quadrados médios da análise de variância aos estimadores de suas respectivas esperanças matemáticas. A variância genotípica é

$$\hat{\sigma}_\alpha^2 = \frac{QMG - QMR(a)}{rs}, \quad \text{a fenotípica é } \hat{\sigma}_F^2 = \frac{QMG}{rs} \quad \text{e a da interação}$$

progênies x safras é  $\hat{\sigma}_{\alpha\beta}^2 = \frac{QMGxS - QMR(c)}{r \frac{s}{s-1}}$ . O estimador do

coeficiente de repetibilidade é  $r = \frac{\hat{\sigma}_{\alpha}^2}{\hat{\sigma}_F^2}$ . No Quadro 3, apresentam-se as

hipóteses de interesse testadas por este modelo e os respectivos testes F.

QUADRO 2 - Esquema da análise de variância conjunta e esperanças matemáticas dos quadrados médios			
FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	r-1	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_{\theta}^2 + s\sigma_{\gamma}^2 + gs\sigma_{\rho}^2$
Progênies	g-1	QMG	$\sigma^2 + s\sigma_{\gamma}^2 + rs\sigma_{\alpha}^2$
Resíduo (a)	(r-1)(g-1)	QMR(a)	$\sigma^2 + s\sigma_{\gamma}^2$
Safras	s-1	QMS	$\sigma^2 + g\sigma_{\theta}^2 + r \frac{s}{s-1} \sigma_{\alpha\beta}^2 + rg \frac{\sum_{k=1}^s \beta_k^2}{s-1}$
Resíduo (b)	(r-1)(s-1)	QMR(b)	$\sigma^2 + g\sigma_{\theta}^2$
Progênies x Safras	(g-1)(s-1)	QMGxS	$\sigma^2 + r \frac{s}{s-1} \sigma_{\alpha\beta}^2$
Resíduo (c)	(r-1)(g-1)(s-1)	QMR(c)	$\sigma^2$

QUADRO 3 - Hipóteses testadas e respectivos testes F

Hipótese de nulidade	Teste F	Número de graus de liberdade (numerador, denominador) <sup>(1)</sup>
$H_0: \sigma_{\alpha}^2 = 0$	$F_G = \frac{QMG}{QMR(a)}$	$[g-1; (r-1)(g-1)]$
$H_0: \beta_k = 0, \forall k$	$F_s = \frac{QMS + QMR(c)}{QMGxS + QMR(b)}$	$(n_1; n_2)$
$H_0: \sigma_{\alpha\beta}^2 = 0$	$F_{Gxs} = \frac{QMGxS}{QMR(c)}$	$[(g-1)(s-1); (r-1)(g-1)(s-1)]$
<sup>(1)</sup> $n_1 = \frac{[QMS + QMR(c)]^2}{\frac{(QMS)^2}{s-1} + \frac{[QMR(b)]^2}{(r-1)(s-1)}}$ , $n_2 = \frac{[QMGxS + QMR(b)]}{\frac{(QMGxS)^2}{(g-1)(s-1)} + \frac{[QMR(b)]^2}{(r-1)(s-1)}}$		

O coeficiente de repetibilidade indica o grau de similaridade de medições sucessivas de uma característica em um mesmo indivíduo (7).

Ao se escolher um genótipo espera-se que sua superioridade perdure durante toda a sua vida. A veracidade desta expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade da característica estudada (2). Este coeficiente é estimado quando uma característica é medida repetidas vezes em um mesmo indivíduo. Pelo método dos componentes principais (1), obtém-se a matriz de correlações entre os genótipos em cada par de medições, da qual se obterão os autovalores e os autovetores normalizados. O autovetor, cujos elementos apresentam mesmo sinal e magnitudes próximas, expressará a tendência dos genótipos em manter suas posições relativas nos vários períodos de tempo. A proporção do autovalor associado a este autovetor é o estimador do coeficiente de

repetibilidade, dado por  $r = \frac{\lambda_m}{\sum_{t=1}^n \lambda_t}$  ( $t = 1, 2, \dots, n$ ), em que  $n$  é o número de

períodos avaliados e  $\lambda_m$ , o autovalor associado ao autovetor, cujos elementos têm mesmo sinal e magnitudes semelhantes. Em cada caráter avaliado nos três períodos (safra) e nas 20 progênies foi também estimado o coeficiente de repetibilidade pelo método dos componentes principais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância de cada safra, relativos às várias características avaliadas, são apresentados nos Quadros 4, 5 e 6. Verificou-se a existência de variabilidade genética significativa ( $P < 0,01$  ou  $P < 0,05$ ) entre progênies, o que permite o melhoramento genético, sendo as únicas exceções as características espessura da casca (primeira safra, Quadro 4), número médio de sementes (segunda safra, Quadro 5), espessura da casca e número médio de sementes (terceira safra, Quadro 6). Souza (8) constatou a existência de variabilidade genotípica, pelo teste F, nos principais componentes da produção, entre as sete progênies de cupuaçuzeiro que avaliou, em cinco anos/safra. Os valores das herdabilidades podem ser considerados altos, com exceção das características espessura da casca e número médio de sementes por fruto. A razão  $CV_g/CV$ , de modo geral, é favorável ao melhoramento genético, por ser superior à unidade em várias safra e características. Deve ser ressaltado que as progênies avaliadas apresentam média de peso médio de fruto relativamente baixa, variando de 237 g na segunda safra a 1.780 g na terceira safra, estando a média das três safra, 947 g, abaixo do valor médio de 1.500 g citado por Souza (9). Entretanto, o valor da herdabilidade, acima de 90% nesta característica, é indicativo da viabilidade da concentração de esforços tendo em vista o melhoramento genético dessa população. Outro aspecto importante é o fato de o peso da polpa superar 30% do valor do peso médio do fruto em todas as safra,

sendo, portanto, bom indicativo de seu potencial para fins industriais. A população conta com a variabilidade genética nesta característica, possibilitando prever ganhos genéticos consideráveis pela seleção baseada no comportamento médio das famílias estudadas.

Souza (8), em seu trabalho de comparação de progênies de cupuaçuzeiro, considerou as safras anuais, enquanto que neste se apresentam três safras dentro do mesmo ano agrícola. Por ser o único trabalho com comparação de progênies de cupuaçuzeiro conhecido, apresentam-se alguns dos dados dessa autora.

Em relação à característica peso médio do fruto, as médias das duas primeiras safras foram semelhantes e a da terceira, superior. Souza (8) obteve diferenças significativas entre progênies para esta característica, em três das cinco safras anuais avaliadas, com variação do peso médio do fruto de 867,24 a 1.104,71 g, valores aproximados dos que foram obtidos neste trabalho e inferiores ao peso médio de 1.500 g mencionado por Souza (9). Os coeficientes de variação experimental estimados na primeira e segunda safras foram superiores ao maior coeficiente de variação estimado por Souza (8), 11,21%, na quarta safra; e o da terceira safra foi inferior ao menor coeficiente obtido por Souza (8). A herdabilidade apresenta um valor elevado e a razão  $CV_g/CV$  é superior à unidade, o que indica boas possibilidades para o melhoramento genético desta característica.

A característica peso médio da polpa apresentou valores semelhantes nas duas primeiras safras e inferiores aos obtidos por Souza (8). Na terceira, a média do peso médio dos frutos foi superior à das outras safras e também superior às médias obtidas por Souza (8). O coeficiente de variação da terceira safra é bastante inferior aos das outras duas, sendo os três superiores ao maior coeficiente de variação obtido por Souza (8), de 15,83%, nesta característica. Os valores da herdabilidade e da razão  $CV_g/CV$  são favoráveis ao melhoramento genético.

A característica número médio de sementes por fruto é bastante semelhante nas três safras, porém com os valores da herdabilidade relativamente baixos e a razão  $CV_g/CV$  sempre inferior à unidade. As médias obtidas nesta característica são iguais ou superiores às apresentadas por Souza (8), cujo maior valor é de 29,64, e inferiores à média apresentada por Souza (9). Sendo o chocolate extraído das sementes, esta é uma característica que pode ser de interesse para o melhoramento genético, embora a produção de polpa seja o principal produto do cupuaçuzeiro (8).

A característica produção de frutos por planta aumentou de safra para safra, em todas com valores elevados da herdabilidade e da razão  $CV_g/CV$ . As médias apresentam-se dentro do leque de variação das obtidas por Souza (8), de 5,82 a 22,10 kg.

A característica espessura da casca apresenta valores inferiores, mas semelhantes aos obtidos por Souza (8), de 0,75 a 0,82 cm, que podem ser incluídos no intervalo mencionado por Souza (9).

Os resultados das análises de variância conjunta das três safras, relativos às várias características avaliadas, são apresentados no Quadro 7. Verificou-se a existência de variabilidade genética entre as progênes, em todas as características, a 1% de probabilidade. O efeito de safra foi significativo nas características peso médio dos frutos, peso médio da polpa, espessura da casca e produção de frutos por planta, não o sendo nas outras características. Verificou-se a existência de interação progênes x safras, significativa apenas para o peso médio dos frutos ( $P < 0,05$ ) e a produção de frutos por planta ( $P < 0,01$ ). Dessa maneira, trabalhar com as características peso médio de frutos e produção de frutos por planta, em um programa de melhoramento, é mais complexo, uma vez que houve efeito significativo da interação progênes x safras. Os valores de repetibilidade são, em geral, elevados, mesmo para as características com interação significativa. Em relação a PMF, PMC, PMP e PFP, mesmo a seleção com base em apenas uma medida pode ser satisfatória, uma vez que os valores de herdabilidade são sistematicamente elevados, pois a seleção com base em três medidas é mais eficiente em discriminar as unidades de seleção, principalmente quanto à característica PMS; quanto aos caracteres EC e NS, mais de três medidas seria ideal.

O estudo da interação progênes x safras é particularmente interessante em culturas perenes, pois a sua significância é indicativo de um comportamento diferencial das progênes entre as safras e conseqüente baixa repetibilidade da característica. Assim, recomenda-se que a seleção das melhores progênes deva ser feita com base na informação de várias safras, procurando-se genótipos com maior estabilidade de produção.

Os resultados do estudo de repetibilidade pelo método dos componentes principais aplicado à matriz de correlação entre as 20 progênes em cada par de medições está apresentado no Quadro 8. Pode-se verificar que as estimativas obtidas do coeficiente de repetibilidade diferem de característica para característica. Os coeficientes de repetibilidade variaram de 0,29, no caso da espessura média da casca, até 0,91, no caso do peso médio de frutos.

O número de medições necessárias para três valores do coeficiente de determinação e para o coeficiente de repetibilidade de cada característica avaliada está apresentado no Quadro 9. Com duas medições nas características peso médio de frutos e produção média de frutos por planta, é possível discriminar os genótipos com uma confiabilidade de 95% de se estar avaliando o valor real de cada um deles, já com duas medições nas características peso médio da polpa e peso médio de sementes, a confiabilidade é de 90%.

QUADRO 4 - Resumo das análises de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais das características peso médio dos 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 (NS) e produção de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na primeira de três safras consecutivas, em Manaus

FV	GL	QM						
		PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PFP
Blocos	2	0,049546	0,03134	0,007637	0,004962	8,016667	196,516667	10,612259
Progênies	19	0,234817**	0,042194**	0,052876**	0,008411**	2,578070ns	271,582456**	30,887058**
Resíduo	38	0,012858	0,007208	0,007137	0,001639	1,893890	73,779825	2,129384
Média		0,869	0,406	0,319	0,146	7,3	29,5	7,189
Máximo		1,419	0,768	0,680	0,300	10,0	52,0	15,600
Mínimo		0,280	0,130	0,070	0,042	2,0	8,0	0,840
CV%		13,05	20,89	26,47	27,66	18,81	29,05	20,29
Variância fenotípica		0,078272	0,014065	0,017625	0,002804	0,859357	90,527485	10,295686
Variância genotípica		0,073986	0,011662	0,015246	0,002257	—	65,934211	9,585891
Herdabilidade (%)		94,52	82,91	86,50	80,51	—	72,83	93,10
Coef. Var. Genotípico (CV <sub>g</sub> , %)		31,29	26,57	38,69	32,46	—	27,46	43,06
Razão CV <sub>g</sub> /CV		2,29	1,27	1,46	1,17	—	0,94	2,12

\*\* : significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* : significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; — : não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 5 - Resumo das análises de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais das características peso médio dos 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 (NS) e produção de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênes de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na segunda de três safras consecutivas, em Manaus

FV	GL	QM							
		PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PFP	
Blocos	2	0,079708	0,036683	0,026647	0,015303	0,050000	125,316667	11,247605	
Progênes	19	0,218010**	0,035525**	0,036725**	0,011811**	3,455263**	127,635088ns	24,542902**	
Resíduo	38	0,019226	0,009671	0,007808	0,004568	1,155263	92,685088	2,494663	
Média		0,867	0,363	0,333	0,165	6,1	31,1	8,11	
Máximo		1,549	0,781	0,687	0,470	10,0	51,0	15,56	
Mínimo		0,237	0,114	0,085	0,020	3,0	8,0	1,18	
CV%		15,99	27,06	26,56	40,91	17,48	30,99	19,47	
Variância fenotípica		0,072670	0,011842	0,012242	0,003937	1,151754	42,545029	8,180967	
Variância genotípica		0,066261	0,008618	0,009639	0,002414	0,766670	—	7,349413	
Herdabilidade (%)		91,18	72,78	78,74	61,32	66,56	—	89,83	
Coef. Var. Genotípico (CV <sub>g</sub> %)		29,69	25,55	29,51	29,74	14,24	—	33,43	
Razão CV <sub>g</sub> /CV		1,86	0,944	1,11	0,73	0,81	—	1,72	

\*\* : significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* : significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ns: não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 6 - Resumo das análises de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais das características peso médio dos 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 (NS) e produção de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, na terceira de três safras consecutivas, em Manaus

FV	GL	QM							
		PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PFP	
Blocos	2	0,409325	0,095273	0,058028	0,011171	0,650000	280,716667	36,044458	
Progênies	19	0,157216**	0,033581**	0,038428**	0,003145*	1,834211 <sup>ns</sup>	76,255263*	69,273137**	
Resíduo	38	0,009539	0,002416	0,006613	0,00157	2,807895	66,155263	3,946608	
Média		1,105	0,459	0,466	0,181	8,0	31,9	12,569	
Máximo		1,78	0,791	0,813	0,290	13,0	46,0	26,7	
Mínimo		0,519	0,205	0,240	0,074	4,0	13,0	2,59	
(%)		8,84	10,70	17,43	20,98	20,81	25,51	15,81	
Variância fenotípica		0,052405	0,011194	0,012809	0,001048	0,611404	25,418421	23,091046	
Variância genotípica		0,049226	0,010389	0,010605	0,000570	—	—	21,775510	
Herdabilidade (%)		93,93	92,81	82,79	54,32	—	—	94,30	
Coef. Var. Genético (CV <sub>g</sub> , %)		20,08	22,18	22,07	13,21	—	—	37,14	
Razão CV <sub>g</sub> /CV		2,27	2,07	1,27	0,63	—	—	2,35	

\*\* : significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* : significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ns: não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 7 - Resumo das análises de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais das características peso médio dos 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 (NS) e produção de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, em três safras consecutivas, em Manaus

FV	GL	QM							
		PMF	PMC	PMP	PMS	EC	NS	PFP	
Blocos	2	0,285080	0,082639	0,034474	0,014470	3,072222	166,022222	45,166393	
Progênies	19	0,568108**	0,092067**	0,111141**	0,018207**	3,058187**	293,584503**	108,408336**	
Resíduo (a)	38	0,015951	0,006213	0,008394	0,003057	1,195029	113,478363	3,456308	
Safras	2	1,123695*	0,138939 <sup>ns</sup>	0,398208**	0,017672 <sup>ns</sup>	55,088889**	82,838889 <sup>ns</sup>	495,484883**	
Resíduo (b)	4	0,126750	0,040328	0,028918	0,008483	2,822222	218,263889	6,368964	
Interação Prog. x Safra	38	0,020969*	0,00962 <sup>ns</sup>	0,008444 <sup>ns</sup>	0,0025583 <sup>ns</sup>	2,404678 <sup>ns</sup>	90,944152 <sup>ns</sup>	8,147382**	
Resíduo (c)	76	0,012846	0,006546	0,006593	0,002297	2,330994	59,570906	2,557181	
Variância genotípica		0,061351	0,009539	0,011416	0,001683	0,207018	20,011793	11,661336	
Variância fenotípica		0,063123	0,010229	0,012349	0,002023	0,339798	32,620500	12,045370	
Variância da interação		0,001805	0,000683	0,000411	0,000064	0,016374	6,971832	1,242267	
Repetibilidade (%)		97,19	93,25	92,45	83,19	60,92	61,35	96,81	
Média		0,947	0,409	0,373	0,164	7,172	30,839	9,287	
Coef. Var. Genotípico (CV <sub>g</sub> , %)		26,16	23,84	28,66	25,01	6,34	14,50	36,77	
CV - Resíduo (a) (%)		13,34	19,24	24,58	33,69	15,24	34,54	20,02	
CV - Resíduo (b) (%)		37,59	49,01	45,62	56,13	23,42	47,91	27,17	
CV - Resíduo (c) (%)		11,97	19,75	21,78	29,21	21,29	25,03	17,22	

\*\* : significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* : significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ns: não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

QUADRO 8 - Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) e de determinação ( $R^2$ ) 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 de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, em três safras, em Manaus

Características	r	$R^2$
Peso médio do fruto (PMF)	0,91	0,97
Peso médio da casca (PMC)	0,75	0,90
Peso médio da polpa (PMP)	0,82	0,93
Peso médio das sementes (PMS)	0,73	0,89
Espessura da casca (EC)	0,29	0,55
Número de sementes (NS)	0,46	0,72
Produção de fruto por planta (PFP)	0,87	0,95

QUADRO 9 - Número de medições necessárias e respectiva confiabilidade para as 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 de frutos por planta (PFP), avaliadas em 20 progênies de meios-irmãos de cupuaçuzeiro, em três safras, em Manaus<sup>(1)</sup>

Características	Repetibilidade	NM 90%	NM 95%	NM 99%
PMF	0,91	1	2	10
PMC	0,75	3	7	34
PMP	0,82	2	4	24
PMS	0,73	2	5	28
EC	0,29	20	43	226
NS	0,46	6	14	71
PFP	0,87	1	2	12

<sup>(1)</sup>NM 90%: número de medições com 90% de confiabilidade; NM 95%: número de medições com 95% de confiabilidade; e NM 99%: número de medições com 99% de confiabilidade.

## CONCLUSÕES

1) Existe variabilidade genética entre progênies, de modo a permitir o melhoramento genético.

2) Os valores das herdabilidades são elevados, pelo que a obtenção de ganhos genéticos por seleção é possível, mesmo com base em uma avaliação (safra) por ano.

3) Medições em pelo menos duas safras nas características peso médio de frutos e produção de frutos por planta permitem discriminar os

genótipos com uma confiabilidade de 95% de se estar avaliando o valor real de cada um deles.

4) Medições em pelo menos duas safras nas características peso médio da polpa e peso médio de sementes permitem discriminar os genótipos com uma confiabilidade de 90% de se estar avaliando o valor real de cada um deles.

## REFERÊNCIAS

1. ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. *Journal of Genetic*, 16: 27, 1972.
2. CRUZ, C. D. & REGAZZI, A J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2 ed. Viçosa, Imprensa Universitária, 1997. 390p.
3. MARTEL, J.H.I. Cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.) In: Donadio, L.C. & Martins, A.B.G. (eds.). *Fruticultura Tropical*. Jaboticabal, FUNEP, 1992. p. 83-99.
4. MCGRATH, D.A.; COMERFORD, N.B. & DURYEA, M.L. Litter dynamics and monthly fluctuations in soil phosphorus availability in an Amazonian agroforest. *Forest Ecology and Management*, 131: 167-81, 2000.
5. MCGRATH, D.A.; DURYEA, 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.
6. 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/IICA, 1997, p. 57-75.
7. SILVA, R. G. Métodos de genética quantitativa aplicados ao melhoramento animal. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1982. 162p.
8. SOUZA, A. G.C. Avaliação de progênies de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum). Viçosa, UFV, 1994. 95p. (Tese de Doutorado).
9. 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).