

# Repetibilidade e correlações fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no Estado do Maranhão

Ricardo Gonçalves Silva<sup>1\*</sup>, Maria da Cruz Lima Chaves<sup>2</sup>, Emmanuel Arnhold<sup>1</sup> e Cosme Damião Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, BR 222, Km 4, s/n, Cx. Postal 17, 65500-000, Chapadinha, Maranhão, Brasil. <sup>2</sup>Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Biologia Geral, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: rgoncalves@ufma.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros de repetibilidade e correlações fenotípicas em caracteres do fruto do bacuri (*Platonia insignis* Mart.). Foram avaliadas seis matrizes (genótipos) localizadas em seis municípios do Estado do Maranhão. Oito frutos foram colhidos por matriz, sendo mensurados diâmetro, comprimento, cavidade interna, peso e número de sementes por fruto, espessura da casca, peso de casca mais semente, rendimento de polpa, número de segmentos partenocárpico, Brix e acidez total titulável. Os dados foram submetidos à análise de variância. Os genótipos apresentaram variabilidade genética significativa para todos os caracteres, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Apenas para cavidade interna do fruto, acidez total titulável e Brix, a variância genética foi superior à variância ambiental, resultando em repetibilidade superior a 0,5, sendo que acidez total titulável e Brix apresentaram coeficientes de repetibilidade acima de 0,94. Com exceção da espessura da casca, peso de casca mais sementes e número de sementes por fruto, os coeficientes de determinação superaram 80%. Para a maioria dos caracteres, até 27 frutos por genótipo são necessários para obter 95% de determinação. O peso do fruto apresentou associações positivas com diâmetro do fruto, comprimento do fruto, peso de casca mais semente e cavidade interna do fruto.

**Palavras-chave:** variância genética, variância ambiental, herdabilidade, seleção.

**ABSTRACT. Repeatability and phenotypic correlations of characters of the bacuri fruit in the State of Maranhão.** The objective this work was to estimate parameters of repeatability and phenotypic correlations in characters of the bacuri fruit (*Platonia insignis* Mart.). We evaluated six matrices (genotypes) located in six municipalities in the state of Maranhão. Eight fruits were harvested by matrix, measuring the diameter, length, internal cavity, weight and number of seeds per fruit, thickness of the shell, weight of shell plus seed, pulp yield, number of parthenocarpic segments, Brix and total titratable acidity. The data was submitted to an analysis of variance. The genotypes showed significant genetic variability for all characters, at the level of 1% probability by the F test. Only for internal cavity of the fruit, total titratable acidity and Brix was the genetic variance higher than the environmental variance, resulting in repeatability greater than 0.5, while total titratable acidity and Brix had coefficients of repeatability over 0.94. The coefficients of determination, except for the thickness of the shell, shell weight plus seeds and number of seeds per fruit exceeded 80%. For most characters, up to 27 fruits per genotype are required to obtain 95% of determination. The weight of the fruit showed positive associations with the diameter of the fruit, length of the fruit, shell weight plus seed and internal cavity of the fruit.

**Key words:** genetic variance, environmental variance, heritability, selection.

## Introdução

O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) é uma espécie frutífera originária da Amazônia. Ocorre em matas de terra firme e de vegetação aberta de transição, em áreas descampadas ou de vegetação baixa. Raramente, é encontrado em florestas primárias densas (CALVALCANTE, 1996; MORAES et al., 1994). A dispersão ou distribuição da espécie ocorreu ao longo da Costa Atlântica,

desde as Guianas até o Nordeste Ocidental ou Meio-Norte, que compreende os Estados do Maranhão e Piauí, penetrando nos Estados de Tocantins, Goiás e Mato Grosso (CALVALCANTE, 1996).

Atualmente, nas regiões Norte e Meio-Norte do País, o bacurizeiro vem destacando-se dentre as fruteiras nativas, pela nobreza e fineza de seus frutos, disputados por coletores e consumidores. A polpa do

fruto congelada está alcançando alta cotação nessas regiões e tem despertado a atenção do mercado internacional (CAMPBELL, 1996).

Com o aumento do mercado do bacuri, há necessidade de praticar a seleção de plantas matrizes, para fornecer aos produtores das regiões material básico de qualidade. Entretanto, para essa seleção, uma alternativa possível é a utilização de características fenotípicas. Um entrave no processo de seleção é a obtenção de parâmetros que apresentam herdabilidade alta para a obtenção de ganhos genéticos satisfatórios.

Segundo Oliveira e Fernandes (2001), na maioria das fruteiras perenes, os experimentos ocupam grandes áreas, sendo comum instalação sem delineamento experimental, o que torna difícil a obtenção da herdabilidade. Assim, o coeficiente de repetibilidade é uma alternativa para esses experimentos, por permitirem tomar mais de uma medida no mesmo indivíduo, definindo o limite superior da repetibilidade e do grau de determinação (VENCOVSKY, 1973; FALCONER, 1975; CRUZ et al., 2004).

O coeficiente de repetibilidade tem sido empregado em variáveis de produção das seguintes fruteiras perenes: coqueiro (SIQUEIRA, 1982), cupuaçuzeiro (COSTA et al., 1997), açazeiro (OLIVEIRA; FERNANDES, 2001) e pupunheira (NETO et al., 2002; PADILHA et al., 2003).

O conhecimento da associação entre caracteres também é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente se a seleção de alguns deles apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, tenha problemas de medição e identificação (CRUZ et al., 2004).

Assim, visando contribuir para programas de melhoramento de bacuri, o trabalho teve como objetivo estimar, para as condições dos municípios de Alcântara, Itapecuru Mirim, Santana, Paço do Lumiar, Morros e Tutóia, no Estado do Maranhão, os coeficientes de correlação fenotípica e de repetibilidade em caracteres do fruto do bacurizeiro, assim como o número de medições ideal e o coeficiente de determinação.

## Material e métodos

Neste estudo, foi considerada a análise de um experimento realizado no Estado do Maranhão, onde foram avaliadas seis matrizes (genótipos) de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), com cinco anos de idade aproximadamente, estabelecidas em população natural, amostrando-se oito frutos maduros por matriz com idade de 60 a 90 dias. Cada matriz representou um município (Alcântara, Itapecuru

Mirim, Santana, Paço do Lumiar, Morros e Tutóia). Foram mensurados 11 caracteres: diâmetro do fruto, comprimento do fruto, espessura da casca e cavidade interna do fruto (expressos em cm), peso de frutos, peso de casca mais semente (expressos em kg), rendimento de polpa e acidez total titulável (expressos em porcentagem), número de sementes por fruto e número de segmentos partenocárpico (expressos em unidades) e Brix, respectivamente.

As análises estatísticas, para todos os caracteres do fruto, foram efetuadas pelo método de análise de variância, seguindo a metodologia proposta em Cruz et al. (2004). Anteriormente às análises, os dados foram submetidos à análise preliminar para verificar se os mesmos atendiam às pressuposições da análise de variância (normalidade e homogeneidade da variância dos erros). Verificou-se que os dados expressos em unidades e porcentagens não atendiam às pressuposições da análise de variância, sendo recomendada a transformação. Os dados obtidos em unidades foram transformados em  $\sqrt{x}$ , enquanto os de porcentagens foram transformados em  $\arccos(\sqrt{x/100})$ , conforme Steel et al. (1997).

O modelo estatístico adotado foi o modelo com um fator de variação (CRUZ et al., 2004):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij},$$

em que:

$Y_{ij}$  = observação referente ao caráter do genótipo  $i$  na repetição  $j$ ;

$\mu$  = média geral;

$g_i$  = efeito aleatório do genótipo  $i$  sob a influência do ambiente permanente ( $i = 1, 2, \dots, 6$ );

$\varepsilon_{ij}$  = efeito do ambiente temporário associado à medição  $j$  no genótipo  $i$  ( $j = 1, 2, \dots, 8$ ).

As estimativas dos componentes de variância foram obtidas por meio das esperanças dos quadrados médios da análise de variância e o coeficiente de repetibilidade estimado pela fórmula apresentada por Cruz et al. (2004), conforme segue:

$$r = \hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_g^2$$

em que:

$r$  = coeficiente de repetibilidade;

$\hat{\sigma}_g^2$  = estimativa da variância entre genótipos;

$\hat{\sigma}_e^2$  = estimativa de variância do erro experimental.

O número de medições necessárias ( $n_0$ ) para prever o valor real dos indivíduos a 95% de determinação foi obtido pela fórmula apresentada por

Cruz et al. (2004), conforme segue:

$$\eta_0 = [R^2 \cdot (1-r)] / (1-R^2) \cdot r$$

em que:

$\eta_0$  = número mínimo de medições necessárias para prever o valor real do genótipo;

$R^2$  = coeficiente de determinação a 95%;

$r$  = coeficiente de repetibilidade.

O coeficiente de determinação para o número de medições realizadas foi calculado utilizando a fórmula apresentada por Cruz et al. (2004), conforme segue:

$$R^2 = n \cdot r / (1 + r(n-1))$$

em que:

$R^2$  = coeficiente de determinação para o número de medições efetuadas;

$n$  = número de medições efetuadas;

$r$  = coeficiente de repetibilidade.

Também foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre todos os caracteres. A significância dos mesmos foi avaliada pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2006).

### Resultados e discussão

Foram detectadas diferenças significativas entre matrizes (genótipos), a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as características, evidenciando a presença de variabilidade genética entre as matrizes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Quadrados médios entre genótipos (QMG), dentro de genótipos (QMD), coeficientes de variação (CV) e média para 11 caracteres do fruto avaliado em seis matrizes de bacurizeiro no Estado do Maranhão.

Caracteres	QMG	QMD	CV (%)	Média
Diâmetro do fruto (cm)	3,2686**	0,3737	8,31	7,35
Comprimento do fruto (cm)	11,6041**	1,5221	14,72	8,38
Espessura da casca (cm)	0,0549**	0,0111	10,14	1,04
Cavidade interna do fruto (cm)	5,9854**	0,5053	12,98	5,48
Peso de frutos (kg)	0,2846**	0,0042	24,67	0,263
Peso de casca mais sementes (kg)	0,0144**	0,0030	25,21	0,216
Rendimento de polpa (%)	0,02577**	0,0032	13,85	16,17
Acidez total titulável (%)	0,0072**	0,00004	1,45	1,15
Número de sementes por fruto	0,3146**	0,0899	21,62	2,04
Número de segmentos partenocárpico	0,4208**	0,0739	17,92	2,45
Brix	42,5120**	0,3217	3,11	18,22

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os maiores coeficientes de variação foram estimados para peso de frutos (24,67%), peso de casca mais sementes (25,21%) e número de

sementes por frutos (21,62%). Para o restante das características, estimaram-se valores baixos de coeficientes de variação (Tabela 1).

De modo geral, os valores médios estimados para a maioria dos caracteres foram próximos aos encontrados por Guimarães et al. (1992), Carvalho et al. (2003) e Neto e Carvalho (2004). Os frutos exibiram peso médio aproximado de 0,263 kg e rendimento de polpa de 16%. No estudo realizado por Neto e Carvalho (2004), com matrizes do Estado do Pará, os autores obtiveram frutos com peso médio de 0,349 kg e rendimento de polpa de 58%.

Para os valores da variância entre genótipos, foi constatado que as características cavidade interna do fruto, acidez total titulável e Brix apresentaram valor superior ao da variância residual e, portanto, valores de repetibilidade acima de 0,5 (Tabela 2). Para as demais características, as variâncias residuais alcançaram valores maiores que as entre genótipos, apresentando repetibilidade inferior a 0,5, o que indica maior influência ambiental e necessidade de maior número de medições para melhor acurácia.

**Tabela 2.** Estimativas para a variância entre genótipos ( $\hat{\sigma}_g^2$ ), variância do erro ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $r$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e número de medições necessárias  $\eta_0$  obtidas para 11 caracteres de fruto avaliados em seis matrizes de bacurizeiro no Estado do Maranhão.

Caracteres	$\hat{\sigma}_g^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$r$	$R^2$	$\eta_0$
Diâmetro do fruto	0,3619	0,3737	0,4919	88,57	20
Comprimento do fruto	1,2602	1,5221	0,4529	86,88	23
Espessura da casca	0,0055	0,0111	0,3287	79,66	39
Cavidade interna do fruto	0,6850	0,5053	0,5755	91,56	15
Peso de frutos	0,0030	0,0042	0,4166	85,22	27
Peso de casca mais sementes	0,0014	0,0030	0,3182	79,28	40
Rendimento de polpa	0,0028	0,0032	0,4686	87,58	22
Acidez total titulável	0,0009	0,00004	0,9474	99,31	2
Número de sementes por fruto	0,0281	0,0899	0,2378	71,40	61
Número de segmentos partenocárpico	0,0434	0,0739	0,3699	82,45	33
Brix	5,2737	0,3217	0,9425	99,24	2

Foi observada variação de coeficientes de repetibilidade de 0,2378 a 0,9474 (Tabela 2). Os caracteres número de sementes por fruto, espessura da casca, peso de casca mais semente e número de segmentos partenocárpico exibiram valores de 0,2378, 0,3235, 0,3182 e 0,3699, respectivamente, evidenciando baixa regularidade na repetição dessas variáveis de um fruto para outro numa mesma planta.

Por outro lado, cavidade interna do fruto, acidez total titulável e Brix apresentaram valores de 0,5755, 0,9474 e 0,9425, respectivamente, indicando regularidade entre as medições dos frutos numa mesma planta. Para Vencovsky (1973), coeficientes

de repetibilidade altos podem ser empregados como parâmetros para medir a capacidade de repetição da expressão do caráter avaliado. Assim, pode-se inferir que o coeficiente de determinação da cavidade interna do fruto, a acidez total titulável e o Brix podem ser empregados como parâmetro desejável em métodos simples de melhoramento do bacurizeiro para qualidade de frutos.

Pelo fato de os principais caracteres relacionados com o mercado de frutos (diâmetro do fruto, comprimento do fruto, peso de frutos e rendimento de polpa) terem apresentado coeficientes de repetibilidade intermediários, em relação aos das demais características avaliadas (Tabela 2), sugere-se que, no melhoramento dessas variáveis, sejam propostos métodos de melhoramento com controle parental.

Os coeficientes de determinação das 11 características avaliadas (Tabela 2), nas condições deste estudo, demonstraram confiabilidade apenas para diâmetro do fruto, comprimento do fruto, cavidade interna do fruto, peso de frutos, rendimento de polpa, acidez total titulável e Brix, que exibiram valores superiores a 85%. Para as demais características, há necessidade de serem realizadas novas avaliações com número de medições maior que as efetuadas. Em vista desses resultados, o número de medições desejáveis para uma seleção mais efetiva no emprego de características físicas do fruto (diâmetro do fruto, comprimento do fruto, cavidade interna do fruto, peso de frutos e rendimento de polpa) deve ser de, no mínimo, 27 frutos, isto é, 3,5 vezes mais que o usado neste trabalho.

Para uma seleção efetiva empregando as características físico-químicas do fruto (acidez total titulável e Brix), o número de medições desejáveis deve ser de, no mínimo, dois frutos. Assim, tanto para as características físicas quanto para as características físico-químicas do fruto, o número de frutos encontrados pode ser empregado sem muito dispêndio.

Das associações obtidas entre o peso de fruto e as demais características (Tabela 3), verifica-se que a acidez total titulável e o Brix apresentaram correlações negativas e não-significativas em nível de 1% probabilidade, o número de sementes por fruto apresentou correlação positiva e não-significativa em nível de 1% de probabilidade. As demais características, diâmetro do fruto, comprimento do fruto, espessura da casca, cavidade interna do fruto, peso de frutos, peso de casca mais semente, rendimento de polpa e número de sementes por fruto apresentaram correlações positivas e significativas em nível de 1% de probabilidade. Os

coeficientes de correlação entre o peso de fruto e as características diâmetro do fruto, comprimento do fruto, peso de casca mais semente e cavidade interna do fruto indicam que frutos com maior peso apresentam maior tamanho (diâmetro e comprimento), maior quantidade de casca e semente e maior cavidade interna. Portanto, a seleção de plantas com fruto grande é bastante dificultada. Resultado semelhante foi encontrado por Neto e Carvalho (2004), em estudo com genótipos de bacuri do Estado do Pará.

**Tabela 3.** Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres diâmetro do fruto (DF), comprimento do fruto (CF), espessura da casca (EC), cavidade interna do fruto (CIF), peso de frutos (PF), peso de casca mais semente (PCS), rendimento de polpa (RPP), acidez total titulável (ATT), número de sementes por fruto (NSF), número de segmentos partenocárpico (NSP) e Brix (BR), avaliados em seis matrizes de bacurizeiro no Estado do Maranhão.

Caracteres	CF	EC	PF	PCS	RPP	CIF	NSF	NSP	BR	ATT
DF	0,56	0,43	0,95	0,89	0,47	0,57	0,42	0,09	-0,08	-0,58
CF		0,12	0,61	0,57	0,24	0,61	0,17	-0,05	0,18	-0,54
EC			0,37	0,41	0,05	0,05	-0,16	0,35	-0,28	-0,17
PF				0,95	0,42	0,57	0,44	0,01	-0,03	-0,05
PCS					0,21	0,49	0,49	-0,04	-0,02	-0,39
RPP						0,33	-0,04	0,30	-0,17	-0,46
CIF							0,36	-0,22	0,35	-0,64
NSF								-0,47	0,37	-0,24
NSP									-0,45	-0,13
BR										-0,31

Coeficientes acima de 0,33 são significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

## Conclusão

Os genótipos de bacurizeiro estudados apresentaram variabilidade genética significativa para todos os caracteres, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F. No entanto, apenas para cavidade interna do fruto, acidez total titulável e Brix, a variância genética foi superior à variância ambiental, resultando em repetibilidade superior a 0,5, e acidez total titulável e Brix apresentaram coeficientes de repetibilidade acima de 0,94.

Os coeficientes de determinação, com exceção da espessura da casca, peso de casca mais sementes e número de sementes por fruto, foram acima de 80%.

Para os caracteres diâmetro do fruto, comprimento do fruto, cavidade interna do fruto, peso de frutos, rendimento de polpa, acidez total titulável e Brix, até 27 frutos por genótipo são necessários para obter 95% de determinação.

O peso de fruto apresentou associações positivas com diâmetro do fruto, comprimento do fruto, peso de casca mais semente e cavidade interna do fruto.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, à Coordenação

de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão - Fapema, pelo suporte financeiro.

### Referências

- CAMPBELL, R. J. South American fruits deserving further attention. In: JANICK, J. (Ed.). **Progress in new crops**. Arlington: ASHS, 1996. p. 431-439.
- CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; NASCIMENTO, W. M. O. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 326-328, 2003.
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6. ed. Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996.
- COSTA, J. G.; LEDO, A. S.; OLIVEIRA, M. N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos do cupuaçuzeiro no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n. 2, p. 313-318, 1997.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: estatística experimental e matrizes. 1. ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 1.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1.
- FALCONER, D. O. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1975.
- GUIMARÃES, A. D. G.; MOTA, M. G. C.; NAZARÉ, R. F. R. **Coleta de germoplasma de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) na Amazônia**. I: microrregião Campos de Marajó (*Soure/Salvaterra*). Belém: Embrapa-CPATU, 1992. (Boletim de pesquisa, 132).
- MORAES, V. H. F.; MÜLLER, C. H.; SOUZA, A. G. C.; ANTÔNIO, I. C. Native fruit species of economic potential from the Brazilian Amazon. **Angewandte Botanik**, v. 68, n. 1, p. 47-52, 1994.
- NETO, J. T. F.; CARVALHO, J. E. U. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 300-305, 2004.
- NETO, J. T. F.; YOKOMIZO, G.; BIANCHETTI, A. Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 731-733, 2002.
- OLIVEIRA, M. S. P.; FERNANDES, G. L. C. Repetibilidade de caracteres do cacho de açazeiro nas condições de Belém-PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 613-616, 2001.
- PADILHA, N. C. C.; OLIVEIRA, M. S. P.; MOTA, M. G. C. Estimativas da repetibilidade em caracteres morfológicos e de produção de palmito em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 435-442, 2003.
- SIQUEIRA, E. R. Coeficiente de repetibilidade da produção de frutos do coqueiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 4, p. 573-574, 1982.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
- VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: Esalq, 1973.

Received on January 23, 2008.

Accepted on May 21, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.