



## Estimativa de repetibilidade em características de cajá-mirim no Norte do Espírito Santo

### *Estimated repeatability for characteristics of the caja-mirim in the North of the State of Espírito Santo*

Clemilton Alves da Silva<sup>1\*</sup>, Jamile Lenhaus Detoni<sup>2</sup>, Poliana Rangel Costa<sup>3</sup>, Omar Schmildt<sup>4</sup>, Rodrigo Sobreira Alexandre<sup>5</sup>, Edilson Romais Schmildt<sup>6</sup>

**Resumo:** As estimativas do coeficiente de repetibilidade têm sido utilizadas no estudo de caracteres de várias espécies, auxiliando na definição do número e do período adequado de avaliações dos genótipos para maior eficiência dos programas de melhoramento. Assim, objetivou-se com o presente trabalho estimar o coeficiente de repetibilidade de variáveis físicas e químicas de frutos de *Spondias mombin* L., bem como determinar o número de medidas a serem feitas para uma predição do valor real das progênies. Foram utilizadas trinta e cinco progênies de *Spondias mombin* L., identificadas em três áreas, no norte do Espírito Santo, onde se avaliou as variáveis físicas e químicas de frutos. Os coeficientes de repetibilidade foram obtidos pelos seguintes métodos: análise de variância e análise multivariada. O número de cinco frutos por planta é o indicado para prever o valor real das progênies para: peso de fruto, acidez total titulável, razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável, diâmetro polar, diâmetro equatorial e peso de polpa. As variáveis a seguir citadas apresentaram maiores coeficientes de repetibilidade: peso de fruto, acidez total titulável e razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável. Foram constatadas pequenas diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidos pelo método da análise de variância e pelo método de análise multivariada.

**Palavras-chave:** *Spondias mombin* L. Qualidade de fruto. Seleção. Melhoramento genético.

**Abstract:** Estimates of the coefficient of repeatability are used when studying the characteristics of various species, helping to determine the number and appropriate period for evaluation of genotypes to increase efficiency in breeding programs. The aim therefore was to estimate the coefficient of repeatability for the physical and chemical characteristics of fruit of *Spondias mombin* L., and determine the number of measurements to be taken for a prediction of the actual value in the progeny. Thirty-five progeny of *Spondias mombin* L. were used, identified in three areas in the north of the State of Espírito Santo, Brazil, in which the physical and chemical characteristics of the fruit were evaluated. The coefficients of repeatability were obtained using methods of variance analysis and multivariate analysis. A number of five fruits per plant is shown to predict the real value for the progeny of fruit weight, total titratable acidity, ratio of total soluble solids to total titratable acidity, fruit polar diameter, fruit equatorial diameter and pulp weight. The characteristics of fruit weight, total titratable acidity and ratio of total soluble solids to total titratable acidity, showed the greatest coefficients of repeatability. Small differences were found between the estimates for the coefficients of repeatability obtained with the methods of variance analysis and multivariate analysis.

**Key words:** *Spondias mombin* L. Fruit quality. Selection. Breeding.

\*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 17/11/2014 e aprovado em 21/07/2015

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Centro de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Produção Vegetal, Alto Universitário, Bairro Guararema, 29500-00 Alegre, Espírito Santo, clemiltonalves@gmail.com.

<sup>2</sup>Bióloga. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Nova Venécia, jldetoni@ifes.edu.br

<sup>3</sup>Bióloga. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal/Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, poli.rangel@hotmail.com;

<sup>4</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, omar-schmildt@ig.com.br

<sup>5</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – DCFM Centro de Ciências Agrárias - CCA.

rodrigossobreiraalexandre@gmail.com

<sup>6</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, edilsonschmildt@ceunes.ufes.br

## INTRODUÇÃO

A cajazeira (*Spondias mombin* L.) é uma árvore frutífera pertencente à família Anacardiaceae, encontrada, principalmente, no bioma de Mata Atlântica, na região costeira do Brasil. Conhecida popularmente como cajá, cajá-mirim ou cajazinho, a espécie tem registrado nos últimos anos expressiva participação nos diversos setores comerciais das diferentes regiões do país, devido, especialmente, à possibilidade de consumo da fruta *in natura* e/ou processada (BOSCO *et al.*, 2000; CAVALCANTE *et al.*, 2009).

No norte do Espírito Santo, assim como em outras regiões do Brasil, a boa aceitabilidade da fruta se deve ao tamanho e a forma do fruto, aliado ao excelente odor e sabor apresentados pela polpa, que é utilizada na produção de sucos, licores, néctares, sorvetes, vinhos e outras receitas com potencial na agroindústria.

O processamento dos frutos traz como vantagem o aproveitamento dos excedentes de produção, contornando problemas de sazonalidade, bem como possibilitando a sua distribuição por maiores períodos do ano (VIANA, 2008).

Levando-se em conta a importância da espécie na inserção do mercado de frutas, observa-se a necessidade de selecionar plantas matrizes de qualidade, que pode ser realizada através de características fenotípicas.

A demora em iniciar a produção e a grande área requerida para o desenvolvimento de plantas perenes são entraves à instalação de experimentos com delineamentos estatísticos adequados. Isso dificulta as estimativas de parâmetros genéticos, como a herdabilidade, contudo não impede a estimativa da repetibilidade. Segundo Cruz *et al.* (2012), o estudo de repetibilidade é imprescindível, pois representa o máximo valor que a herdabilidade de um caráter, no sentido amplo, pode atingir.

A estimativa do coeficiente de repetibilidade é realizada a partir de várias medições em um mesmo indivíduo, submetido a variações no tempo ou no espaço. Permite ao melhorista avaliar se a seleção baseada em alguma característica fenotípica será confiável, ou seja, se os genótipos selecionados manterão sua superioridade indefinidamente, além de reduzir o dispêndio de tempo e de mão de obra necessários para que a seleção de indivíduos geneticamente superiores seja feita com a acurácia desejada pelo pesquisador (CRUZ *et al.*, 2012).

Assim, estudos de estimação do coeficiente de repetibilidade em cajazeira (*Spondias mombin* L.) podem precisar o número de medidas necessárias para se estimar o valor real do indivíduo, otimizando o tempo de avaliação de características de interesse em campo, reduzir gastos com insumos e subsidiar o melhorista com informações completas e precisas a respeito das progênies, além dos custos menores.

Devido a importância para programas de melhoramentos, o estudo de repetibilidade tem sido realizado em culturas

como Laranjeira - doce (NEGREIROS *et al.*, 2014), bananeira (LESSA *et al.*, 2014), pitangueira (DANNER *et al.*, 2010), *Urochloa ruziziensis* (SOUZA SOBRINHO *et al.*, 2010) pessegueiro (BRUNA *et al.*, 2012) pupunha (BERGO *et al.*, 2013), soja (MATSUO *et al.*, 2012) bacuri (SILVA *et al.*, 2009), guaraná (NASCIMENTO JUNIOR *et al.*, 2009), dendezeiro (CHIA *et al.*, 2009).

Diante do exposto, objetivou-se estimar o coeficiente de repetibilidade de características físicas e químicas de frutos de cajazeira, bem como determinar o número de medidas que devem ser feitas para uma predição acurada do valor real das progênies.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Melhoramento de plantas do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (PPGAT/CEUNES/UFES), São Mateus. Foram avaliadas 35 progênies de cajazeira, com 40 cm de diâmetro à altura do peito, sendo amostradas em três áreas no norte do Espírito Santo. Dessa população, doze genótipos foram amostrados na margem direita do Rio Doce e dezesseis na margem esquerda do Rio Doce, sentido descendente do rio, no município de Linhares; e sete genótipos amostrados na área da Fazenda Experimental da Empresa Caliman Agrícola®, no município de Sooretama.

No período de janeiro a março de 2011, foram coletados cinco frutos por progênie, que foram utilizados para as análises físicas e químicas, sendo a média utilizada para determinar a estimativa da repetibilidade.

Avaliou-se as seguintes variáveis físicas dos frutos: peso do fruto (PF) e peso da polpa (PP), analisados em balança digital com precisão de 0,001g, considerando duas casas decimais; diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) do fruto, medidos com paquímetro digital e expressos em milímetros, considerando duas casas decimais; razão entre diâmetro polar e diâmetro equatorial (DP/DE), calculado pelo quociente entre o valor do DP e o valor do DE; rendimento da polpa (RP), calculado por meio do quociente entre o peso da polpa (PP) e o peso do fruto (PF) e multiplicado por 100, a fim de obter a representação em porcentagem.

A caracterização química dos frutos foi determinada pelas seguintes variáveis: teor de sólidos solúveis totais (SST), obtido por meio de refratômetro de bancada e expresso em °Brix; acidez total titulável (ATT), obtida por titulação empregando NaOH 0,1M e expressa em porcentagem de massa de ácido cítrico por volume de polpa (m/v) e a razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT). Os resultados de SST e ATT foram obtidos conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2005).

O modelo estatístico adotado foi com um fator de variação:

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

Em que:  $Y_{ij}$  = observação referente ao caráter da progênie  $i$  na repetição  $j$ ;  $\mu$  = média geral;  $g_i$  = efeito aleatório da progênie  $i$  sob a influência do ambiente permanente ( $i = 1, 2, \dots, 35$ );  $\varepsilon_{ij}$  = efeito do ambiente temporário associado à medição  $j$  na progênie  $i$  ( $j = 1, 2, \dots, 5$ ).

As metodologias aplicadas para estimação do coeficiente de repetibilidade foram determinadas utilizando quatro métodos: análise de variância (ANOVA), na qual o efeito temporário do ambiente é removido do erro (CRUZ *et al.*, 2012), componentes principais, com base na matriz de correlações (CPC) e de covariâncias (CPCV) e análise estrutural (AEC), com base no autovalor teórico da matriz de correlação ou correlação média.

Utilizando o método da análise de variância, que permite que o efeito temporário do ambiente seja removido do erro, o coeficiente de repetibilidade foi estimado pela expressão [1]:

$$\hat{r} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_y^2 + \hat{\sigma}_g^2} [1]$$

Em  $\hat{\sigma}_g^2$  que é a variância genotípica e a variância fenotípica.

Para a estimação do coeficiente de repetibilidade pelo método dos componentes principais com base na matriz de correlações (CPC), foi utilizado o estimador mostrado na expressão [2].

$$\hat{r} = \frac{(\lambda_{\hat{R}} - 1)}{\eta - 1}$$

$$\hat{R} = \begin{bmatrix} 1 & \hat{\rho}_{12} & \dots & \hat{\rho}_{1j} \\ \hat{\rho}_{21} & 1 & \dots & \hat{\rho}_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\rho}_{j1} & \hat{\rho}_{j2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$|\hat{R} - \lambda I| = 0$$

Em que:  $\eta$  é o número de medições realizadas no experimento e  $\lambda_{\hat{R}}$  é a estimativa do maior autovalor associado a estimativa da matriz de correlações entre as medidas repetidas ( $\hat{R}$ ) [3] e sua estimativa é obtida resolvendo-se o modelo mostrado em [4].

O método dos componentes principais com base na matriz de correlações (CPC) consiste na obtenção de uma matriz de correlação entre os genótipos, em cada par de

medições. São determinados, na matriz, os autovalores e os respectivos autovetores normalizados associados.

O autovetor, cujos elementos apresentam mesmo sinal e magnitudes próximas, é aquele que expressa a tendência dos genótipos em manter, ao longo dos anos, suas posições relativas em relação aos demais (CRUZ *et al.*, 2012).

O método CPCV apresenta o estimador mostrado em [5] para o coeficiente de repetibilidade.

$$\hat{r} = \frac{\hat{\lambda}_r - \hat{\sigma}_y^2}{\hat{\sigma}_y^2(\eta - 1)} [5]$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = \frac{1}{\eta} \sum_{i=j}^{\eta} \hat{\sigma}_{ij}^2(\hat{r}) [6]$$

$$\hat{\Gamma} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11}^2 & \hat{\sigma}_{12} & \dots & \hat{\sigma}_{1j} \\ \hat{\sigma}_{21} & \hat{\sigma}_{22}^2 & \dots & \hat{\sigma}_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{j1} & \hat{\sigma}_{j2} & \dots & \hat{\sigma}_{jj}^2 \end{bmatrix}$$

$$|\hat{\Gamma} - \lambda I| = 0$$

Em que:  $\eta$  é o número de medições realizadas no experimento;  $\hat{\sigma}_y^2$  [6] é um estimador para a soma da variância residual com a variância do ambiente permanente e  $\hat{\lambda}_r$  é a estimativa do maior autovalor associado a estimativa da matriz de covariâncias entre as medidas repetidas ( $\hat{r}$ ) e sua estimativa é obtida resolvendo-se o modelo mostrado em [8].

A obtenção do coeficiente de repetibilidade pelo método AEC é possível pelo modelo [9] mostrado abaixo.

$$\hat{r} = \frac{\alpha' \hat{R}_\alpha - 1}{\eta - 1} = \frac{2}{\eta(\eta - 1)} \sum_j \sum_{j' < j} \hat{\rho}_{jj'} [9]$$

Em que:  $\alpha$  é o auto vetor associado ao maior auto valor da estimativa da matriz de correlações entre as medidas repetidas ( $\hat{R}$ );  $\eta$  é o número de medições realizadas no experimento e  $\hat{\rho}_{jj'}$  representa as estimativas das correlações entre as medidas repetidas.

A estimativa do coeficiente de determinação ( $\hat{R}^2$ ), que representa a certeza da predição do valor real dos indivíduos para as variáveis analisadas com base nas  $\eta$  medições realizadas, foi obtida pela equação [10] conforme Cruz *et al.* (2012):

$$R^2 = \frac{\eta \hat{r}}{1 + \hat{r}(\eta - 1)} [10]$$

Em que:  $\eta$  é o número de medições realizadas no experimento e  $\hat{r}$  representa a estimativa do coeficiente de repetibilidade.

Após a obtenção do coeficiente de repetibilidade ( $r$ ), a estimativa do número de medições ( $\eta_0$ ) necessárias para se prever o valor real dos indivíduos com o valor de determinação genotípica ( $R^2$ ) desejado foi determinado de acordo com a expressão fornecida pela equação [11] conforme Cruz *et al.* (2012):

$$\eta_0 = \frac{R^2(1 - \hat{r})}{(1 - R^2)\hat{r}} \quad [11]$$

Os dados foram analisados utilizando o programa computacional genes (CRUZ, 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas entre as progênies a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as variáveis, evidenciando a presença de variabilidade genética entre as progênies (Tabela 1).

As médias estimadas para a maioria dos caracteres foram próximos as encontradas por Soares *et al.* (2008). O rendimento de polpa, que é uma característica importante na seleção de plantas matrizes, apresentou médias de 58,68 %, resultados semelhantes aos encontrados por Cassimiro *et al.* (2009) e por Soares *et al.* (2006), os quais obtiveram médias de 58,98 e 72,69 %, respectivamente. Frutos que possuem rendimento de polpa superior a 50 % são os mais indicados, pois apresentam grande potencial para a agroindústria.

Outra variável considerada importante à seleção de frutos é teor de sólidos solúveis totais, sobretudo quando se destina ao consumo *in natura* ou processamento; para o cajazinho o teor de sólidos solúveis totais deve ser superior a 9° Brix, nesse estudo se obteve média de 11,39° Brix, resultado superior ao encontrado por Soares *et al.* (2008), com valor médio de 4,08 °Brix.

De modo geral, os coeficientes de variações apresentados foram baixos, indicando boa precisão do experimento. Exceto o valor do coeficiente de variação estimado para a razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (50,08%), mostrando que essa variável tem elevada influencia ambiental sobre sua manifestação fenotípica.

Houve concordância nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade para as nove variáveis, obtidas pelos

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância relacionada às características físicas e químicas, com respectivas variações entre progênies (Var. entre), variação dentro de progênies (Var. dentro), médias, coeficiente de variação (CV), para as 35 progênies de *Spondias mombin* L

**Table 1** - Summary of the variance analysis related to physical and chemical characteristics, with respective variation between progeny (Var. entre), variation within progeny (Var. dentro), mean values and coefficient of variation (CV), for 35 progeny of *Spondias mombin* L

Caracteres	Var.entre	Var.dentro	Médias	CV (%)
DP	143,15**	8,50	34,82	8,37
DE	59,33**	6,11	26,32	9,39
DP/DE	0,080**	0,01	1,32	7,93
PF	206,53**	8,16	14,39	19,84
PP	50,08**	4,29	8,35	24,82
REND	325,90**	42,13	58,68	11,06
ATT	5,815**	1,360	1,56	10,23
SST	7,410**	0,058	11,39	15,31
SST/ATT	2134,39**	86,08	18,52	50,08

DP: diâmetro polar (mm), DE: diâmetro equatorial (mm), DP/DE: razão entre diâmetro polar diâmetro equatorial (mm), PF: peso de fruto (g), PP: peso de polpa (g), REND: rendimento de polpa (%), ATT: acidez total titulável (% de ácido cítrico por volume de polpa), SST: sólido solúveis totais (°Brix), SST/ATT: razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

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

DP: polar diameter (mm) DE: equatorial diameter (mm), DP/DE: ratio of polar to equatorial diameter (mm), PF: Fruit weight (g), PP: Pulp Weight (g), REND: pulp yield (%), ATT: total titratable acidity (% citric acid by pulp volume), SST: total soluble solids (°Brix), SST / ATT: ratio of total soluble solids to titratable acidity.

\*\* Significant at 1% probability by F-test.

diferentes métodos, conferindo-lhes maior confiabilidade (Tabela 2). Os valores dos coeficientes de repetibilidade variaram entre 0,46 a 0,95 para as variáveis sólidas solúveis totais e acidez total titulável, respectivamente, pelos quatro métodos estudados. A estimativa do coeficiente de repetibilidade é classificada como alta quando  $\geq 0,6$ , média quando  $< 0,6$  e  $\geq 0,3$  e baixa quando  $< 0,3$  (RESENDE, 2002 apud CHIA *et al.*, 2009).

Não houve diferença entre os coeficientes de repetibilidade obtidos pelos diferentes métodos, resultados semelhantes aos encontrados em trabalhos com macaúba (MANFIO *et al.*, 2011) e bacabi (OLIVEIRA; MOURA, 2010), tal fato se justifica uma vez que o método da análise estrutural apresenta apenas diferenças conceituais

em relação ao método dos componentes principais. Assim, as estimativas obtidas pelos respectivos métodos tendem a ser próximas (CRUZ *et al.*, 2012).

Estudos nos quais foram obtidas e comparadas estimativas de repetibilidade de variáveis de plantas perenes pelo método da análise de variância e métodos multivariados, como pitangueira (DANNER *et al.*, 2009), dendezeiro do tipo dura (CEDILLO *et al.*, 2008), caiaué e o dendezeiro (CHIA *et al.*, 2009) e bacuri (SILVA *et al.*, 2009), mostraram que as estimativas obtidas pelo método da ANOVA foram sempre inferiores às obtidas pela análise multivariada. Isso ocorre porque o método da ANOVA não permite isolar o efeito da alternância, o qual fica incluído no erro experimental, elevando seu valor e, então, a

**Tabela 2** - Estimativa dos coeficientes de repetibilidade ( $r^{\wedge}$ ), coeficientes de determinação ( $R^2$ ), utilizando os métodos de análise de variância (ANOVA), dos componentes principais baseado na matriz de correlação (CPC), dos componentes principais baseado na matriz de covariância (CPCV) e da análise estrutural baseado na matriz de correlação (AE), para características físicas e químicas de frutos de *Spondias mombin* L

**Table 2** - Estimate of the coefficients of repeatability ( $r^{\wedge}$ ) and coefficients of determination ( $R^2$ ), using methods of variance analysis (ANOVA), principle component analysis based on the correlation matrix (CPC), principle component analysis based on the covariance matrix (CPCV) and structural analysis based on the correlation matrix (AE), for the physical and chemical characteristics of fruit of *Spondias mombin* L

Métodos	-----DP-----		-----DE-----		-----DP/DE-----	
	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)
ANOVA	0,76	94,06	0,63	89,88	0,54	85,37
CPC	0,76	94,19	0,66	90,97	0,56	86,30
CPCV	0,76	94,25	0,67	91,28	0,55	86,05
AE	0,76	94,17	0,67	91,18	0,55	85,82
	-----PF-----		-----PP-----		-----REND-----	
	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)
ANOVA	0,83	96,04	0,68	91,42	0,57	87,07
CPC	0,84	96,29	0,68	91,46	0,58	87,23
CPCV	0,84	96,24	0,68	91,37	0,58	87,19
AE	0,84	96,24	0,68	91,36	0,57	86,97
	-----ATT-----		-----SST-----		-----SST/ATT-----	
	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)	$r^{\wedge}$	$R^2$ (%)
ANOVA	0,95	99,00	0,47	81,64	0,82	95,96
CPC	0,95	99,11	0,48	82,00	0,83	96,31
CPCV	0,95	99,09	0,47	81,69	0,84	96,36
AE	0,95	99,09	0,46	81,26	0,84	96,34

DP: diâmetro polar (mm), DE: diâmetro equatorial (mm), DP/DE: razão entre diâmetro polar e diâmetro equatorial, PF: peso de fruto (g), PP: peso de polpa (g), REND: rendimento de polpa (%), ATT: acidez total titulável (% de ácido cítrico por volume de polpa), SST: sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$ Brix), SST/ATT: razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

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

DP: polar diameter (mm) DE: equatorial diameter (mm), DP/DE: ratio of polar to equatorial diameter (mm), PF: Fruit weight (g), PP: Pulp Weight (g), REND: pulp yield (%), ATT: total titratable acidity (% citric acid by pulp volume), SST: total soluble solids ( $^{\circ}$ Brix), SST / ATT: ratio of total soluble solids to titratable acidity.

\*\* Significant at 1% probability by F-test.



repetibilidade é subestimada (VASCONCELLOS *et al.*, 1985 apud DANNER *et al.*, 2010).

Soares *et al.* (2008), estimando o coeficiente de repetibilidade em variáveis de frutos de cajazeira pelo método da ANOVA, obtiveram valores entre 0,44 a 0,87 para rendimento de polpa e acidez total titulável, respectivamente, enquanto que, no presente estudo, os valores encontrados para esses mesmo caracteres foram de 0,57 e 0,95, superiores aos verificados por esses autores.

Os coeficientes de determinação obtidos pelas cinco medições, para as nove variáveis e pelos quatro métodos, variaram entre 81,26 e 99,09%, para sólidos solúveis totais e acidez total titulável, respectivamente, indicando que a avaliação das características foi confiável.

As variáveis PF, ATT e SST/ATT obtiveram os maiores coeficientes de determinação e, por conseguinte, as maiores estimativas de repetibilidade, demonstrando acurácia das medições realizadas, alta regularidade da superioridade das progênies, bem como que a expressão das variáveis tem bom controle genético (Tabela 2).

Coefficiente de determinação superior a 90% foi obtido para as variáveis químicas a partir de duas medições. Com uma medição, o coeficiente é superior a 99% para ATT, indicando que o número de frutos utilizados no trabalho é suficiente para prever valores reais das progênies estudadas.

Quando uma variável apresenta alto coeficiente de repetibilidade isso implica em um bom indicador no processo de seleção, uma vez que expressa as variações proporcionadas pelos genótipos e pelas alterações atribuídas ao ambiente (variação total), representando o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir (CRUZ *et al.*, 2012).

Considerando as similaridades entre os métodos avaliados, os menores valores de coeficiente de repetibilidade foram obtidos pelas características SST (0,46) e REND (0,57), evidenciando baixa regularidade na repetição dessas variáveis de um fruto para outro em uma mesma planta.

Para essas características alçarem coeficientes de determinação superiores a 90%, são necessárias em média dez e sete medições, respectivamente (Tabela 3 e 4). Isso implica que essas variáveis são mais influenciadas pelo ambiente e que a seleção indireta por meio do estudo de correlações pode ser uma boa estratégia.

O número mínimo de frutos necessários para prever o valor real das progênies com 90% de confiabilidade variou de 3 a 7 nas variáveis, por qualquer método estudado. Resultados semelhantes foram verificados por Soares *et al.* (2008), utilizando o método da ANOVA. Os resultados encontrados nessa pesquisa confirmam que o número de

**Tabela 3** - Número de avaliações necessárias ( $\eta_0$ ) associada a diferentes coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para características física e químicas medidas em cinco frutos de 35 progênies de *Spondias mombin* L

**Table 3** - Number of necessary evaluations ( $\eta_0$ ) associated with different coefficients of determination ( $R^2$ ) for physical and chemical characteristics measured in five fruits of 35 progeny of *Spondias mombin* L

$R^2$	-----DP-----				-----DE-----			
	ANOVA	CPC	CPVC	AE	ANOVA	CPC	CPVC	AE
0,90	2,84	2,77	2,74	2,76	5,17	4,46	4,29	,35
0,95	5,99	5,85	5,79	5,82	10,92	9,42	9,07	9,19
0,99	31,25	30,50	30,16	30,33	56,91	49,09	47,23	47,87
	-----DP/DE-----				-----PF-----			
	ANOVA	CPC	CPVC	AE	ANOVA	CPC	CPVC	AE
0,90	7,71	7,14	7,29	7,43	1,85	1,73	1,76	1,76
0,95	16,28	15,08	15,40	15,69	3,90	3,66	3,71	3,71
0,99	84,83	78,57	80,23	81,73	20,36	19,06	19,31	19,33
	-----PP-----				-----REND-----			
	ANOVA	CPC	CPVC	AE	ANOVA	CPC	CPVC	AE
0,90	4,22	4,20	4,25	4,26	6,68	6,59	6,61	6,74
0,95	8,91	8,87	8,97	8,99	14,10	13,90	13,95	14,23
0,99	46,45	46,22	46,76	46,83	73,48	72,45	72,67	74,15

DP: diâmetro polar (mm), DE: diâmetro equatorial (mm), DP/DE: razão entre diâmetro polar e diâmetro equatorial, PF: peso de fruto (g), PP: peso de polpa (g), REND: rendimento de polpa (%).

DP: polar diameter (mm) DE: equatorial diameter (mm), DP/DE: ratio of polar to equatorial diameter (mm), PF: Fruit weight (g), PP: Pulp Weight (g), REND: pulp yield (%).

**Tabela 4** - Número de avaliações necessárias ( $\eta_0$ ) associada a diferentes coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para características químicas medidas em cinco frutos de 35 progênies de *Spondias mombin* L

**Table 4** - Number of necessary evaluations ( $\eta_0$ ) associated with different coefficients of determination ( $R^2$ ) for chemical characteristics measured in five fruits of 35 progeney of *Spondias mombin* L

$R^2$	-----ATT-----				-----SST-----			
	ANOVA	CPC	CPVC	AE	ANOVA	CPC	CPVC	AE
0,90	0,45	0,40	0,41	0,41	10,11	9,88	10,09	10,38
0,95	0,95	0,85	0,87	0,87	21,36	20,85	21,29	21,90
0,99	4,95	4,44	4,54	4,54	111,31	108,62	110,94	114,13
	-----SST/ATT-----							
	ANOVA	CPC	CPVC	AE	-	-	-	-
0,90	1,89	1,72	1,70	1,71	-	-	-	-
0,95	3,99	3,64	3,59	3,60	-	-	-	-
0,99	20,8	18,95	18,69	18,76	-	-	-	-

ATT: acidez total titulável (% de ácido cítrico por volume de polpa), SST: sólidos solúveis totais (°Brix), SST/ATT: razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

ATT: total titratable acidity (% citric acid by pulp volume), SST: total soluble solids (°Brix), SST / ATT: ratio of total soluble solids to titratable acidity.

medições utilizado é o indicado para seleção das melhores progênies.

## CONCLUSÕES

Cinco medições é o número indicado para predizer o valor real das progênies para as variáveis: peso de fruto, acidez total titulável, razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável, diâmetro polar, diâmetro equatorial e peso de polpa;

As variáveis: peso de fruto, acidez total titulável, razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável apresentaram maiores coeficientes de repetibilidade, demonstrando regularidade, podendo, inclusive, serem empregadas na seleção de progênies de cajazinho para qualidade de frutos;

Não são constatadas grandes diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidos pelo método da análise de variância e pelos métodos de análise multivariada.

## LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

BERGO, C. L.; NEGREIROS, J. R. S.; MIQUELONI, D. P.; LUNZ, A. M. P. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheiras para palmito da raça putumayo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 829-836, 2013.

BOSCO, J; SOARES, K. T; AGUIAR FILHO, S. P; BARROS, R. V. A. **Cultura da Cajazeira**. João Pessoa: Emepa, 2000. 229 p. (Documentos, 28).

BRUNA, E. D.; MORETO, A. L.; DALBÓ, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o Litoral Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 206-215, 2012.

CASSIMIRO, C. M.; MACÊDO, L. S.; MENINO, I. B. Avaliação de acessos de cajazeira (*Spondias mombin*) do Banco Ativo de Germoplasma da Emepa, PB. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 3 p. 01-06, 2009.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; PEREIRA, W. W.; COSTA, A. P. M.; LUCENA, I. H. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo Paraibano. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 627-632, 2009.

CEDILLO, D. S. O; BARROS, W. S.; FERREIRA, F. L.; DIAS, A. S.; ROCHA, R. B.; CRUZ, C. D. Correlation and repeatability in progênies of African oil palm. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 197- 201, 2008.

- CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA, R. N. C.; LOPES, M. T. G. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 249-254, 2009.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 285 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2012. v.1, 514 p.
- DANNER, M. A.; RASEIRA, M. C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2086-2091, 2010.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005, 1018 p.
- LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; AMORIN, E. P.; SILVA, S. O. Estimativa de repetibilidade de híbrido diploides (AA) de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 109-117, 2014.
- MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M.; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V.; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, v. 41, p. 70-76, 2011.
- MATSUO, E.; SEDYAMA, T.; CRUZ, C. D.; OLIVEIRA, R. C. T. Análise da repetibilidade em alguns descritores morfológicos para soja. **Ciência Rural**, v. 42, p. 189-196, 2012.
- NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 605-612, 2009.
- NEGREIROS, J. R. da S.; ANDRADE NETO, R. de C.; MIQUELONI, D. P.; LESSA, L. S. Estimativa de repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de laranjeira-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 40-48, 2014.
- OLIVEIRA, M. S. P.; MOURA, E. F. Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1173-1179, 2010.
- SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N. **Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* x *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia**. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1089-1097, 2010.
- SILVA, R. G.; MOURA, M. C. L. C.; ARNHOLD, E.; CRUZ, D. C. Repetibilidade e correlação fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no estado do Maranhão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 587-591, 2009.
- SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CARNEIRO, J. G. M.; NASCIMENTO, F. N. Característica física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 518-519, 2006.
- SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; COMPELO, J. E. G.; LOPES, A. C. E.; MATOS FILHO, C. A. Repetibilidade e correlações entre caracteres morfo-agronômicos de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1851-1857, 2008.
- SOUZA SOBRINHO, F. de; BORGES, V.; LEDO, F. J. da S.; KOPP, M. M. Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 579-584, 2010.
- VIANA, E. S. **Embrapa realiza curso sobre processamento de frutas**. 2008. Disponível em: <<http://blog.cnpat.embrapa.br/index.php?s=ipa>>. Acesso em: 29 set. 2014.