



Repeatability estimation for mangaba selection using mixed models

Estimativa de repetibilidade visando seleção de mangabeira via modelos mistos

Diogo Santos Pinheiro¹, Maria Clideana Cabral Maia^{2*}, Francisco Edinaldo Pinto Mousinho³, Luís Cláudio de Oliveira⁴, Renato Domiciano Silva Rosado⁵, Gilberto Ken Iti Yokomizo⁶

Abstract: The Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) is a fruit tree rich in such vitamins, iron, calcium and protein, and plays an important social, cultural and economic role for farmers in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil. The aim of this study was to estimate genetic parameters and genetic gains in the agrotechnological attributes of a breeding population of the mangaba from Embrapa Meio Norte. The variables under analysis were: fruit weight (FW), fruit length (FL), fruit diameter (FD), skin weight (S_kW), number of seeds per fruit (NSF), seed weight (S_sW), total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA), TSS/TTA ratio, pulp weight (PW) and percentage pulp (%P). The data were analysed using the REML/BLUP procedure of the Selegen software. High and intermediate estimates of the components of repeatability were found for the variables of the population under study. It can therefore be inferred that these variables can be used in genetic studies, with a view to an increase in the efficiency of the selection process and to a progressive advance in the breeding population of this important native species. As such, taking repeatability as the limit to be assumed for heritability, the values obtained can be considered satisfactory in terms of genetic progress, showing good reliability for the phenotypic value as an indicator of genotypic value and significant repeatability of the expression of the evaluated trait. Genetic gains were seen for genotypes 6 and 12, considering the simultaneous selection of eight highlighted genotypes based on the most important attributes of the improvement program, and which can contribute to the productive sector.

Key words: *Hancornia speciosa* Gomes. Genetic Parameters. Genetic gains.

Resumo: A mangabeira é uma frutífera rica em vitaminas, ferro, cálcio e proteína, e desempenha importante papel sócio-cultural-econômico para coletores dos biomas do cerrado e caatinga do Brasil. Objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros e ganhos genéticos dos atributos agrotecnológicos de uma população de melhoramento de mangabeira. As variáveis analisadas foram: Peso do Fruto (PF), Comprimento do Fruto (CF), Diâmetro do Fruto (DF), Peso da Casca (PC), Número de Sementes/Fruto (NSF), Peso da Semente (PS), Teor de Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT), relação SST/ATT, Peso da Polpa (PP) e Porcentagem de Polpa (%P). Os dados foram analisados por meio do procedimento REML/BLUP com o emprego do aplicativo computacional Selegen. Altas e intermediárias estimativas de componentes de repetibilidade foram observadas para as variáveis estudadas, portanto, infere-se que essas variáveis podem ser utilizadas em estudos genéticos com vistas ao incremento de eficiência do processo seletivo e avanço progressivo do melhoramento genético da população dessa espécie. Assim, tomando a repetibilidade como limite que a herdabilidade pode assumir, os valores obtidos podem ser considerados satisfatórios em termos de progresso genético, indicando boa confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genotípico e significativa capacidade de repetição da expressão do caráter avaliado. Ganhos genéticos foram observados para os genótipos 6 e 12 considerando-se, simultaneamente, a seleção dos oito genótipos destaques para os atributos mais importantes do programa de melhoramento, podendo contribuir para o setor produtivo.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa* Gomes. Parâmetros Genéticos. Ganhos Genéticos.

*Corresponding author

Submitted for publication on 12/08/2019 and approved 28/10/2019

¹Eng. Agrônomo (Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650 - Buenos Aires, Teresina - PI, 64008-780, eng.agro.diogo@gmail.com);

²Eng. Agrônoma, Doutora, Embrapa Agroindústria Tropical, Embrapa Agroindústria Tropical, Brasil Rua Dra. Sara Mesquita, no 2.270, Bairro Planalto do Pici, 60511-110, Fortaleza, CE, clideana.maia@embrapa.br;

³Eng. Agrônomo, Doutor, Universidade Federal do Piauí, Brasil Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, s/n Bairro - Ininga, Teresina - PI, 64049-550, fepmouisi@ufpi.edu.br;

⁴Eng. Florestal, Mestre, Embrapa Acre, Brasil, Rodovia BR-364, Km 14, Rio Branco - AC, 69900-970, luis.oliveira@embrapa.br;

⁵Eng. Agrônomo, Doutor, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, Av. P.H. Rolfs, S/N, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa - MG, renato.rosado@ufv.br;

⁶Eng. Agrônomo, Doutor, Embrapa Amapá, Rod JK, 2600, Universidade, 68.903-419, Macapá, AP; gilberto.yokomizo@embrapa.br.

INTRODUCTION

The mangaba is a native fruit species of Brazil, but also occurs in Paraguay, Bolivia and Peru. The genus is monotypic, and there are six botanical varieties. *H. speciosa* var. *speciosa* is the most widely distributed in the Cerrado, coastal plateaux and lowlands of Brazil. This neglected species is considered one of the ‘Plants of the Future’, a group of plants with a high priority for conservation, research and development in Brazil (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2018).

In the systematisation of an improvement program, a distribution analysis of genetic variability, estimates of genetic parameters and a prediction of genetic gains are crucial. These depend on the different environments in which the genotypes are located. Under the environmental conditions of the state of Piauí, where Embrapa is starting a program of genetic improvement of the mangaba, this information is scarce, but essential to establish strategies of conservation and germplasm selection.

In addition to choosing the breeding population and experimental design, another factor that concerns researchers is the choice of a statistical-analysis procedure that would minimise the interference of stochastic factors in the selection results. As genotype selection in perennial plants takes several years to recommend improved genetic material, the chance of environmental interference in the selection process of these species increases (SCARPINATI *et al.*, 2009). In addition, precision in measuring the variables, and the choice of an efficient, robust and accurate mathematical and genetic procedure should be taken into consideration. As such, knowledge of the standard coefficients of variation for the attributes of the population under study are necessary to monitor and correct systematic errors in obtaining more accurate inferences, including repeatability (CRUZ *et al.*, 2004).

In estimating genetic parameters and predicting genotypic values, the most important is choosing the method of estimation/prediction. This method should provide the most accurate and realistic inference possible, as does the REML/BLUP method (RESENDE, 2002a; 2007b).

Fruit biometrics is an important instrument for detecting genetic variability within genetic populations of a species, such as repeatability, which can be expressed as the correlation between measurements of a given characteristic in any one individual, where evaluations are repeated over time or space (CRUZ; REGAZZI, 1994). This has been used quite frequently in several semi-perennial and perennial species, as well as the relationship between variability and environmental factors, which are important for breeding programs (LOURENÇO *et al.*, 2013).

INTRODUÇÃO

A mangaba é uma espécie frutífera nativa do Brasil, mas também ocorre no Paraguai, Bolívia e Peru. O Gênero é monotípico e existem seis variedades botânicas. *H. speciosa* var. *speciosa* é a mais amplamente distribuída no Cerrado, nos planaltos costeiros e nas terras baixas do Brasil. Essa espécie negligenciada é considerada uma das “Plantas do Futuro”, um grupo de plantas com alta prioridade de conservação, pesquisa e desenvolvimento no Brasil (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2018).

Na sistematização de um programa de melhoramento genético, torna-se imperioso as análises de distribuição da variabilidade genética, estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos. Esses dependem dos diferentes ambientes em que se encontram os genótipos. Nas condições ambientais do estado do Piauí, onde a Embrapa está iniciando o programa de melhoramento genético da mangabeira, essa informação é escassa, porém imprescindível ao estabelecimento de estratégias de conservação e de seleção de germoplasma.

Além da escolha da população de melhoramento e do delineamento experimental, outro fator que preocupa os pesquisadores é a escolha do procedimento estatístico de análise que minimize a interferência dos fatores estocásticos nos resultados de seleção. Como a seleção de genótipos em plantas perenes envolve vários anos até a recomendação de material genético melhorado, aumenta-se a chance das interferências ambientais no processo seletivo dessas espécies (SCARPINATI *et al.*, 2009). Além disso, deve-se levar em consideração a precisão nas mensurações das variáveis, a escolha do procedimento matemático-genético eficiente, robusto e acurado. Nesse sentido, faz-se necessário conhecer o padrão dos coeficientes de variações dos atributos da população estudada para monitorar e corrigir erros sistemáticos na obtenção de inferências mais acertadas, entre eles, a repetibilidade (CRUZ *et al.*, 2004).

Na estimação dos parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos, o mais importante é a escolha do método de estimação/predição. Esse método deve propiciar a inferência mais precisa e realista possível, como é o caso do método REML/BLUP (RESENDE, 2002a; 2007b).

A biometria dos frutos constitui um instrumento importante para detectar a variabilidade genética dentro de populações genéticas de uma espécie, tal como a repetibilidade, que pode ser enunciada como sendo a correlação entre as medidas de determinado caráter em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou espaço (CRUZ; REGAZZI, 1994), e tem sido utilizada com certa frequência em diversas espécies semiperenes e perenes, bem como as relações entre a variabilidade e os fatores ambientais, importantes para os programas de melhoramento genético (LOURENÇO *et al.*, 2013).

The efficiency of the improvement depends on knowledge of the genetic control of the traits to be improved. For a quantitative trait, genetic control, or genetic base, includes all the genetic mechanisms responsible for inheritance, such as heritability, repeatability, genetic association with other traits, genetic interactions with the environment, and additive and dominance genetic variance (RESENDE, 2002a).

There are no genetic studies of the mango using the REML/BLUP procedure. Therefore, the aim of this study was to estimate the repeatability coefficients and genetic gains of agrotechnological attributes in a breeding population of the mangaba as an aid in the selection of promising genotypes for the improvement program of this valuable species.

MATERIAL AND METHODS

The working population of the mangaba improvement program of Embrapa Meio Norte comprises 33 free-pollinated progeny, of which 22 genotypes were evaluated over two years. The experimental design was of randomised blocks with four replications and one plant per plot. Only fruit data from genotypes evaluated over two seasons could be used to estimate the repeatability coefficients.

The order of the analysed variables were: V_1 - fruit weight (FW, in g), V_2 - fruit length (FL, in mm), V_3 - fruit diameter (FD, in mm), V_4 - skin weight (S_kW , in g), V_5 - number of seeds per fruit (NSF, dimensionless), V_6 - seed weight (S_eW , in g), V_7 - total soluble solids (TSS, in °Brix), V_8 - total titratable acidity (TTA as a percentage), V_9 - TSS/TTA ratio (dimensionless), V_{10} - pulp weight (PW, in g), V_{11} - percentage pulp (%P, as a percentage). A random sample of fifteen fruit was taken per plant at the end of the physiological maturation stage

First, a descriptive statistical analysis of each set of analysed data was obtained using the Selegen-REML-BLUP software (RESENDE, 2007a). The main results from this analysis are the type of distribution found for each of the variables and their correlation with the pairs evaluated by means of the Pearson correlation coefficient (r_{xy}). Variables that presented asymmetric distribution were transformed using the formula, $\sqrt{x+0.5}$ (where x is the original value of the variable), in order to homogenise the variances and approximate the data to a normal-type distribution for further evaluation of their variance components without violating the statistical assumptions inherent in this type of analysis.

A eficiência do melhoramento depende do conhecimento do controle genético dos caracteres a ser melhorados. Para um caráter quantitativo, o controle genético, ou base genética, inclui todos os mecanismos genéticos responsáveis pela sua herança, tais como herdabilidade, repetibilidade, associações genéticas com outros caracteres, interações genéticas com o ambiente, variação genética aditiva e de dominância (RESENDE, 2002a).

Não existem na literatura estudos genéticos para a mangabeira utilizando o procedimento REML/BLUP. Assim, objetivou-se com este trabalho estimar os coeficientes de repetibilidade e ganhos genéticos de atributos agrotecnológicos de uma população de melhoramento de mangabeira para subsidiar a seleção de genótipos promissores do programa de melhoramento dessa valiosa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

A população de trabalho do programa de melhoramento de mangaba da Embrapa Meio-Norte é constituída por 33 progênies de polinização livre, dentre essas, 22 genótipos foram avaliados em dois anos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e uma planta por parcela. Somente dados dos frutos de genótipos avaliados em duas safras puderam ser utilizados para estimar os coeficientes de repetibilidade.

A ordem das variáveis analisadas foram: V_1 - Peso do Fruto (PF, em g), V_2 - Comprimento do Fruto (CF, em mm), V_3 - Diâmetro do Fruto (DF, em mm), V_4 - Peso da Casca (PC, em g), V_5 - Número de Sementes/Fruto (NSF, adimensional), V_6 - Peso da Semente (PS, em g), V_7 - Teor de Sólidos Solúveis Totais (SST, em °Brix), V_8 - Acidez Total Titulável (ATT, em porcentagem), V_9 - relação SST/ATT (adimensional), V_{10} - Peso da Polpa (PP, em g), V_{11} - Porcentagem de Polpa (%P, em porcentagem). Uma amostra aleatória de quinze frutos em estágio de maturação fisiológica completa foi tomada por planta.

Inicialmente a análise estatística descritiva dos dados foi obtida utilizando o software Selegen-REML-BLUP (RESENDE, 2007a), para cada um dos conjuntos de dados analisados. Os principais resultados obtidos nesta análise são do tipo de distribuição verificada para cada uma das variáveis, e suas correlações aos pares avaliadas por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r_{xy}). As variáveis que apresentaram distribuição assimétrica foram transformadas empregando a fórmula $\sqrt{x+0,5}$ (onde x é o valor original da variável), com o intuito de homogeneizar as variâncias e aproximar os dados a uma distribuição do tipo normal, para posterior avaliação de seus componentes de variância sem a violação dos pressupostos estatísticos inerentes a esse tipo de análise.

After transforming the variables with an asymmetric distribution, the data from the two harvests proved to be highly imbalanced, therefore, to obtain a greater degree of freedom for the residual, it was decided to choose the data using repeatability model 63 (longitudinal data) with no experimental design for the 22 progeny evaluated in the two harvests, as suggested for evaluating fruit originating in different seasons.

The complete mixed modelling of the model used is described below.

Statistical Model

$y = X_m + W_p + e$, where:

y , is the data vector,

m , is the measurement effect vector (assumed to be fixed) added to the overall mean,

p , is the permanent effect vector of plants (genotypic effects + permanent environmental effects) (assumed to be random),

e , is the error vector or residual vector (random).

The uppercase letters (X and W) represent the incidence matrices for the above effects.

Realizado a transformação das variáveis com distribuição assimétrica, os dados das duas safras se mostraram altamente desbalanceados, assim, a fim de se obter maior grau de liberdade para o resíduo, optou-se por se avaliar os dados fazendo-se uso do modelo 63 de repetibilidade (dados longitudinais) sem delineamento experimental para as 22 progênies avaliadas em duas safras indicado para a avaliação de frutos em diferentes safras.

A modelagem mista completa do modelo utilizado é descrita a seguir.

Modelo Estatístico

$y = X_m + W_p + e$, em que:

y , é o vetor de dados;

m , é o vetor dos efeitos de medição (assumidos como fixos) somados à média geral;

p , é o vetor dos efeitos permanentes de plantas (efeitos genotípicos + efeitos de ambiente permanente) (assumidos como aleatórios);

e , é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas (X e W) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

RESULTS AND DISCUSSION

The genetic or phenotypic characterisation of genetic populations of any species is specific and therefore not transferable to other populations. As such, comparing the results of genetic studies, even those using the same mathematical principle, is irrelevant and misleading, without the possibility of extrapolation or juxtaposition, since they are the end product of the expression of particular genes, which are further determined by different levels of intrinsic influence from the growth environment and depend on the degree of heritability of their variables. Therefore, for the purposes of comparison, this study did not report results obtained with other genetic populations. An exception might be justified when the analysis depends on monogenic variables (MAIA *et al.*, 2018). This work was restricted to citations and inferences of theoretical reference.

The phenotypic associations between the variables evaluated in two consecutive harvests are shown in Table 1.

From the phenotypic correlations found between fruit weight and the other characteristics, it appears that this attribute has a high positive phenotypic relationship at a significance level of 0.05 with the variables FL (0.568), FD (0.756), S_kW (0.613) and S_eW (0.723), and shows an intermediate positive and significant phenotypic association with the variables NSF (0.460) and TTA (0.358). These results show that fruits of greater weight are also those, as expected, of larger diameter and length and with heavier seeds.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização genética ou fenotípica de populações genéticas de quaisquer espécies é própria e, por isso, intransferível para outras populações. Desta forma, as comparações de resultados entre estudos de natureza genética, ainda que com emprego de abordagens de mesmo princípio matemático, tornam-se impertinentes e equivocadas, não sendo também passíveis de extrapolações ou justaposições uma vez que são o produto final da manifestação dos genes particulares e, adicionalmente, determinada por níveis diferenciados de influência intrínseca do ambiente de cultivo, isso a depender do grau de herdabilidade de suas variáveis. Portanto, neste trabalho não se reportou, para efeito de comparações, a resultados obtidos a partir de outras populações genéticas. Uma ressalva pode ser justificada quando a análise recai sobre variáveis monogênicas (MAIA *et al.*, 2018). Este trabalho restringiu-se a citações de informações e inferências de referencial teórico.

As associações fenotípicas entre as variáveis avaliadas em duas safras consecutivas são apresentadas na Tabela 1.

Das correlações fenotípicas encontradas entre peso de fruto e demais características, verifica-se que este atributo apresenta relação fenotípica alta e positiva ao nível de significância de 5% com as variáveis CF (0,568), DF (0,756), PC (0,613), PS (0,723); e mostra associações fenotípicas intermediárias, positivas e significativas com as variáveis NSF (0,460) e ATT (0,385). Demonstra-se com esses resultados que frutos de maior peso são também aqueles, como esperado, de maior diâmetro, comprimento e sementes mais pesadas.

Table 1 - Phenotypic correlations in two successive harvests (2011/2012 and 2012/2013), between the variables under study**Tabela 1** - Correlações fenotípicas, em duas safas (2011/2012 e 2012/2013) sucessivas, entre as variáveis estudadas

Variable	FW	FL	FD	S _k W	NSF	S _e W	TSS	TTA	TSS/TTA	PW	% P
FW	1.000	0.568	0.756	0.613	0.460	0.723	-0.071	0.385	0.130	0.398	-0.061
FL	-	1.000	0.731	0.579	0.722	0.826	-0.052	0.366	0.261	0.576	-0.303
FD	-	-	1.000	0.591	0.784	0.860	0.028	0.324	0.115	0.706	-0.041
S _k W	-	-	-	1.000	0.358	0.761	-0.251	0.631	0.075	0.216	-0.274
NSF	-	-	-	-	1.000	0.743	0.321	0.112	0.314	0.543	-0.305
S _e W	-	-	-	-	-	1.000	-0.025	0.555	0.202	0.589	-0.314
TSS	-	-	-	-	-	-	1.000	-0.300	0.727	0.083	-0.248
TTA	-	-	-	-	-	-	-	1.000	-0.197	0.094	-0.179
TSS/TTA	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.206	-0.429
PW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.214
%P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000

Values in bold are significant at 5% probability.

FW - fruit weight (g); FL - fruit length (mm); FD - fruit diameter (mm); S_kW - skin weight (g); NSF - number of seeds per fruit; S_eW - seed weight (g); TSS - total soluble solids (°Brix); TTA - total titratable acidity (%); TSS/TTA - ratio of total soluble solids to total titratable acidity; PW - pulp weight (g); %P - percentage pulp (%).

Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade em negrito.

PF - peso do fruto (g); CF - comprimento do fruto (mm); DF - diâmetro do fruto (mm); PC - peso da casca (g); NSF - número de sementes/Fruto; PS - peso da semente (g); SST - teor de sólidos solúveis totais (° Brix); ATT - acidez total titulável (%); STT/ATT - relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável; PP - peso da polpa (g); %P - porcentagem de polpa (%).

The fruit with the greatest weight are also those with the largest number of seeds and the most acidic. For Oliveira *et al.* (1999) acidity is an important parameter in recognising the state of conservation of a food product. Generally, during the decomposition process of the food, whether by hydrolysis and oxidation or by fermentation, the concentration of hydrogen ions changes and, consequently, the acidity.

As expected, larger fruit have a greater number of seeds, and strong and positive correlations with the physical attributes: FW (0.460), FL (0.722), FD (0.784), S_eW (0.743), PW (0.543) and S_kW (0.358), (Table 1).

Among the chemical variables, positive and significant phenotypic correlations were seen between the total soluble solid content and the TSS/TTA ratio (0.727), total titratable acidity and fruit weight (0.385), total titratable acidity and fruit length (0.366), total titratable acidity and fruit diameter (0.324), total titratable acidity and skin weight (0.631) and total titratable acidity and seed weight (0.555), (Table 1).

Os frutos de maiores massas também são aqueles com maiores números de sementes e mais ácidos. Para Oliveira *et al.* (1999), a acidez é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Geralmente, o processo de decomposição do alimento, seja por hidrólise e oxidação, ou por fermentação, altera sempre a concentração de íons hidrogênio e, consequentemente, sua acidez.

Os frutos maiores apresentam, como esperado, maior número de sementes e correlações altas e positivas com os atributos físicos: PF (0,460), CF (0,722), DF (0,784), PS (0,743), PP (0,543) e PC (0,358), (Tabela 1).

Entre as variáveis químicas, observaram-se correlações fenotípicas positivas e significativas entre teor de sólidos solúveis totais e relação SST/ATT (0,727), acidez total titulável e peso do fruto (0,385), acidez total titulável e comprimento do fruto (0,366), acidez total titulável e diâmetro do fruto (0,324), acidez total titulável e peso da casca (0,631) e acidez total titulável e peso de sementes (0,555), (Tabela 1).

High, positive correlations were obtained between the variable S_kW and the attributes FW (0.613), FL (0.579), FD (0.591), NSF (0.358), S_eW (0.761) and TTA (0.631), demonstrating that the study population consists of individuals with both larger-sized and more-acidic fruit (Table 1). This is a considerable advantage for the extractive producer and in the industrial processing of pulp products, helping to reduce the costs for this sector, since it results in gains in conservation, with a consequent reduction in the addition of artificially synthesised preservatives.

The variable, fruit diameter, had the same strong, positive phenotypic associations as those found for fruit length, with a significant relationship with the variables FW (0.756), FL (0.731), S_kW (0.591), NSF (0.784), S_eW (0.860), TTA (0.324) and PW (0.706) (Table 1). As such, results may be extrapolated from the fruit diameter and length for the chemical variable, total titratable acidity, and the physical variable, pulp weight, these being difficult to measure and more susceptible to measurement errors, and even more influenced by the growth environment, thereby having a larger portion of the stochastic effect component of uncertain direction and result that does not constitute the standard explainable portion of the total data variance.

The attribute, seed weight, presented phenotypic associations with the attributes FW (0.723), FL and FD (0.826 and 0.860 respectively), S_kW (0.761), NSF (0.743), TTA (0.555) and PW (0.589), confirming the significant positive correlations between fruit size, seed number and seed weight (Table 1).

The attribute, pulp weight, is very desirable when using products derived from fruit processing and in the consumption of fresh fruit. This variable presents significant strong and positive phenotypic correlations with FL (0.576) and FD (0.706), NSF (0.543) and S_eW (0.589) (Table 1). Therefore, pulp weight, because it is more difficult and costly to measure, may be indirectly predicted from measurements made of the length or diameter of the fruit, i.e. these characteristics indirectly affect pulp weight in a similar direction, making measurement easier.

The variable, percentage pulp, only showed a phenotypic relationship with the attribute TSS/TTA, but negatively, so that opposite changes in the behaviour of these attributes are seen. Therefore, when one of these traits is selected for its increase, a reduction is seen in the other variable. Phenotypic correlations in the opposite direction are complicating factors in the simultaneous selection process of traits which are important for the improvement of a species, since they prove to be different in different genotypes of the population under consideration.

Foram obtidas correlações altas e positivas entre a variável peso da casca e os atributos PF (0,613), CF (0,579), DF (0,591), NSF (0,358), PS (0,761) e ATT (0,631), demonstrando que a população de estudo é constituída por indivíduos que apresentam frutos de maiores tamanhos e maior acidez (Tabela 1). Esse fato se constitui em vantagem considerável para o produtor (extrativista) e para o processamento industrial dos produtos derivados da polpa, contribuindo para a redução de custos neste setor uma vez que permite ganhos em conservação com a consequente redução de adição de conservantes sintetizados artificialmente.

A variável diâmetro do fruto apresentou as mesmas associações fenotípicas positivas e altas que aquelas encontradas para o caráter comprimento do fruto, relacionando-se significativamente com as variáveis: PF (0,756), CF (0,731), PC (0,591), NSF (0,784), PS (0,860), ATT (0,324) e PP (0,706) (Tabela 1). Assim, o diâmetro e comprimento do fruto pode extrapolar resultados para a variável química acidez total titulável e física e peso de polpa, sendo essas de difícil medição e mais passíveis de erros de medidas e ainda mais influenciadas pelo ambiente de cultivo, portando, com maior porção do componente de efeitos estocásticos de direção e sentidos incertos, não se constituindo na porção padrão explicável da variância total dos dados.

O atributo peso de sementes apresentou associações fenotípicas com os atributos PF (0,723), CF e DF (0,826 e 0,860, respectivamente), PC (0,761), NSF (0,743), ATT (0,555) e PP (0,589), confirmando as correlações positivas e significativas entre tamanho de frutos e número e peso de sementes (Tabela 1).

O atributo peso de polpa é desejável para o aproveitamento de produtos derivados do processamento dos frutos e para o consumo de fruto fresco. Essa variável apresenta correlações fenotípicas significativamente altas e positivas, como CF (0,576) e DF (0,706), NSF (0,543) e PS (0,589) (Tabela 1). Portanto, o peso de polpa por ter sua medição mais difícil e custosa poderá ter predições indiretas a partir de mensurações feitas no comprimento ou diâmetro dos frutos, isto é, essas características afetam o peso da polpa de forma indireta no mesmo sentido e têm sua mensuração facilitada.

A variável porcentagem de polpa apenas se relacionou fenotipicamente ao atributo relação SST/ATT, porém, de forma negativa, de modo que alterações opostas no comportamento desses atributos são observadas. Dessa forma, quando se seleciona uma dessas características para o seu incremento é observada na outra variável uma redução. Correlações fenotípicas de sentido inverso são fatores de complicação no processo seletivo simultâneo de caracteres importantes para o melhoramento de uma espécie vez que se mostram dispares nos genótipos da população considerada.

The particular genetic parameters (variance components) of the mangaba breeding population are shown in Table 2.

Important estimates of individual phenotypic variance were detected for each variable considered in the study, showing that a part of the genetic variability may be present in these attributes, and indicating the possibility of success in the selection process for the population under study.

Good estimates of accuracy were seen for the variables under study (Table 2), inferring the high quality of the genotypic evaluation, and demonstrating the existence of genetic variance among the evaluated genotypes. The results for the estimates of accuracy offer security and mathematical precision in the selection process for the population under study.

Os parâmetros genéticos (componentes de variância) particulares da população de melhoramento da mangaba são apresentados na Tabela 2.

Foram detectadas estimativas importantes de variância fenotípica individual para todas as variáveis consideradas no estudo, demonstrando que uma porção da variabilidade genética pode estar presente nestes atributos, podendo indicar possibilidade de êxito no processo seletivo na população pesquisada.

Boas estimativas de acurácias foram observadas para as variáveis estudadas (Tabela 2), inferindo-se boa qualidade da avaliação genotípica, que indica existência de variância genética entre os genótipos avaliados. Esses resultados para os valores das estimativas de acurácia encontrados oportunizam segurança e precisão matemática na prática da seleção para a população estudada.

Table 2 - Components of variance (REML, single) for the variables under study

Tabela 2 - Componentes de variância (REML Individual) para as variáveis estudadas

Variable	Mean	Vpp	Vte	Vp	r = h ²	rm	Ahm
FW	19.3128	16.0476	32.4067	48.4544	0.3312±0.0822	0.9083	0.9530
FL	32.1587	11.6875	18.3801	30.0676	0.3887±0.0890	0.9271	0.9629
FD	31.5619	7.6788	14.5308	22.2096	0.3457±0.0833	0.9136	0.9558
S _k W	3.6131	1.0674	22.1755	23.2409	0.0459±0.0303	0.4905	0.7003
NSF	13.6650	11.4475	38.7418	50.1894	0.2281±0.0677	0.8553	0.9248
S _s W	4.2938	2.1954	11.9161	14.1116	0.1556±0.0558	0.7865	0.8869
TSS	13.3603	0.4249	15.4540	15.8789	0.0267±0.0409	0.2322	0.4819
TTA	4.0434	0.2987	13.1220	13.4207	0.0222±0.0382	0.1700	0.4123
TSS/TTA	11.4366	0.1073	30.3802	30.4875	0.0035±0.0152	0.0308	0.1755
PW	12.2377	5.2148	22.6695	27.8843	0.1870±0.0746	0.7631	0.8735
%P	60.2275	11.3149	81.0660	92.3809	0.1225±0.0604	0.6615	0.8133

Vpp: permanent phenotypic variance between plants (permanent genotypic + environmental from one harvest to another); Overall mean for the experiment; Vte: temporary environmental variance; Vp: individual phenotypic variance; r = h²: individual repeatability; rm: repeatability of the mean of m crops or repeated measurements; Ahm: Selection accuracy based on the mean of m harvests or repeated measurements.

FW: fruit weight (g); FL: fruit length (mm); FD: fruit diameter (mm); S_kW: skin weight (g); NSF: number of seeds per fruit; S_sW: seed weight (g); TSS: total soluble solids (°Brix); TTA: total titratable acidity (%); TSS/TTA: ratio of total soluble solids to total titratable acidity; PW: pulp weight (g); %P: percentage pulp (%).

Vfp: variância fenotípica permanente entre plantas (genotípica + ambiental permanente de uma colheita para outra); Média geral do experimento; Vet: variância de ambiente temporário; Vf: variância fenotípica individual; r = h²: repetibilidade individual; rm: repetibilidade da média de m colheitas ou medidas repetidas; Ahm: acurácia da seleção baseada na média de m colheitas ou medidas repetidas.

PF: peso do fruto (g); CF: comprimento do fruto (mm); DF: diâmetro do fruto (mm); PC: peso da casca (g); NSF: número de sementes/ Fruto; PS: peso da semente (g); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (%); STT/ATT: relação entre teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável; PP: peso da polpa (g); %P: porcentagem de polpa (%).

For the total soluble solids/total titratable acidity ratio, a low value was seen for the accuracy parameter (0.18). As such, based on this evaluation, the selection process for this variable cannot be performed with any considerable experimental accuracy. Among the chemical variables, positive and significant phenotypic correlations were seen between the total soluble solid content and the TSS to TTA ratio (0.727). According to Silveira *et al.* (2014), the level of sweetness, given by the TSS to TTA ratio, is one of the most common indicators of maturity in fresh or processed fruit (RUFINO *et al.*, 2009), and is a great advantage for stimulating fruit consumption.

The mean repeatability of *m* harvests, or repeated measurements, showed high values for the same traits that displayed high accuracy, with: FW (0.908), FL (0.927), FD (0.913), NSF (0.855), S_eW (0.786), PW (0.763) and %P (0.661) (Table 2). The mean repeatability of *m* harvests or repeated measurements showed high values that can be used in genetic studies, while at the same time, taking repeatability as the limit to be assumed by heritability. The values obtained can be considered satisfactory in terms of genetic progress, indicating the high reliability of the phenotypic value as an indicator of the genotypic value, and the significant possibility of repeating expression of the trait under evaluation.

Repeatability for the chemical variables of the fruit, with: TSS (0.232), TTA (0.170) and the TSS/TTA ratio (0.031) presented low values (Table 2). This answer expresses irregularities in the superiority of the plants from one harvest to another, representing the difficulty of identifying and selecting superior genotypes using the phenotypic mean values generated in this experiment. This confirms that the high phenotypic variances found in the study are due to the environmental effect, suggesting the need for increased measurements that will certainly entail higher costs and require more time so that these variables might be selected with satisfactory precision, where this genetic parameter may not be the best predictor for selecting superior genotypes.

For Negreiros *et al.* (2008), when the periodicity factor is significant, measurements may be affected by physiological changes. These physiological changes may be more intense for the chemical variables of the mangaba from one year to another.

As it is a perennial crop with a long vegetative and production cycle, in addition to the high costs for the maintenance and evaluation of breeding experiments, it is necessary to define the minimum evaluation period for selection to be made efficiently and with a minimum amount of time and resources.

Para o caráter relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável foi observado baixa magnitude do parâmetro acurácia (0,18). Portanto, baseado nessa avaliação, o processo seletivo para essa variável não pode ser feito com acurácia experimental considerável. Entre as variáveis químicas, observaram-se correlações fenotípicas positivas e significativas entre teor de sólidos solúveis totais e relação SST/ATT (0,727). Segundo Silveira *et al.* (2014), o nível de doçura, dado pela relação SST/ATT, é um dos indicadores mais comuns de amadurecimento em frutas para consumo *in natura* ou processadas (RUFINO *et al.*, 2009), sendo esse indicador uma grande vantagem para o estímulo ao consumo dos frutos.

A repetibilidade média de *m* colheitas ou medidas repetidas exibiram altas magnitudes para as mesmas características que apresentaram alta acurácia, como: PF (0,908), CF (0,927), DF (0,913), NSF(0,855), PS (0,786), PP (0,763) e %P (0,661) (Tabela 2). A repetibilidade média de *m* colheitas ou medidas repetidas exibiram altas magnitudes podendo ser utilizadas em estudos genéticos, igualmente tomando a repetibilidade como limite que a herdabilidade pode assumir. Os valores obtidos podem ser considerados satisfatórios em termos de progresso genético, indicando boa confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genotípico e significativa capacidade de repetição da expressão do caráter avaliado.

A repetibilidade para as variáveis químicas dos frutos, tais como SST (0,232), ATT (0,170) e relação SST/ATT (0,031), apresentaram baixas magnitudes (Tabela 2). Essa resposta expressa irregularidades na superioridade das plantas de uma safra para outra, representando dificuldades em identificar e selecionar os genótipos superiores a partir das médias fenotípicas geradas neste experimento. Tal fato confirma que altas variâncias fenotípicas encontradas no estudo são devidas ao efeito ambiental. Isso sugere a necessidade de aumento de medições, que certamente implicará em maior custo e tempo requerido para que a seleção dessas variáveis seja feita com precisão satisfatória, não podendo ser este parâmetro genético o melhor predictor para a seleção de genótipos superiores.

Para Negreiros *et al.* (2008), quando o fator periodicidade é significativo, as medidas podem ser afetadas por mudanças de ordem fisiológica. Essas alterações fisiológicas podem estar presentes em maior intensidade para as variáveis químicas da mangaba de um ano para outro.

Por ser uma cultura perene com longo ciclo vegetativo e de produção, além dos altos custos para manutenção e avaliação dos experimentos de melhoramento genético, é necessário definir o período mínimo de avaliação para que a seleção seja realizada com eficiência e mínimo dispêndio de tempo e recursos.

In perennial plants, the number of measurements taken usually ranges from 3 to 6 annual harvests, since a larger number of annual harvests compromises the efficiency of breeding programs per unit of time. The values for repeatability, although intermediate, demonstrate the need to evaluate the traits under study over at least 7 years for the variable fruit length, with 8 measurements for fruit weight and fruit diameter, to reach a determination of 80%.

Predictions of the real value, expressed as the coefficient of determination for the variables skin weight, number of seeds per fruit, seed weight, total soluble solids, total titratable acidity, total soluble solids/total titratable acidity ratio (TSS/TTA), pulp weight and percentage pulp, in general presented coefficients of determination below 70%. This suggests that the superiority or inferiority of genotype behaviour may not be maintained, even when taking ten measurements during the harvests, showing the need to carry out more evaluations with a greater number of measurements than those taken.

The number of measurements to establish the minimum number of harvests suitable for an efficient selection process, represents an additional cost for the maintenance and evaluation of the experiment, and greatly reduces the efficiency of the selection process, including the recommendation phase for genetically improved material, which may become obsolete by the end of the breeding process. Additionally, the necessary measurements reached high values and were experimentally impossible to obtain with only two measurements. This problem could be solved by better control of the environmental conditions and/or, by studying genetic correlations. Might be used to promote the indirect selection of these traits, which have a negligible coefficient of determination.

Significant genetic gains were seen in genotype 12 for the variables fruit weight, pulp weight, total soluble solids, TSS/TTA ratio and total titratable acidity. In addition, genotype 6 was classified among the best genotypes for pulp weight, percentage pulp, total soluble solids and TSS/TTA ratio, which together may help the productive sector (Table 3).

Selection of the eight highlighted genotypes (12, 8, 7, 17, 14, 9, 20 and 11) resulted in genetic gains of around 52.56% for fruit weight (Table 3). High values for fruit weight are desirable for the productive sector that is still almost exclusively extractive. The most interesting chemical variables present at high values in one or more homogeneous genotypes are TSS, TSS/TTA and TTA.

Em plantas perenes, o número de medições realizadas varia normalmente de 3 a 6 safras anuais, pois um número maior de safras anuais compromete a eficiência dos programas de melhoramento por unidade de tempo. Os valores de repetibilidades, embora intermediários, demonstram a necessidade de avaliação das características estudadas em, no mínimo, 7 anos para o atributo comprimento do fruto e 8 medições para a variável peso do fruto e diâmetro do fruto, para se atingir 80% de determinação.

A predição do valor real, expressa pelo coeficiente de determinação para as variáveis peso da casca, número de sementes por fruto, peso da semente, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT), peso da polpa e porcentagem de polpa, no geral, apresentou coeficientes de determinação inferiores a 70%. Isso indica que a superioridade ou inferioridade do comportamento dos genótipos pode não ser mantida, mesmo realizando dez medições ao longo das safras, havendo necessidade de novas avaliações, com número de medições maior que as efetuadas.

O número de medições para estabelecer a quantidade mínimo de safras adequadas para um eficiente processo de seleção representa um custo adicional para a manutenção e avaliação do experimento e diminui sobremaneira a eficiência do processo seletivo até a fase de recomendação do material geneticamente melhorado, podendo se tornar obsoleto ao final do processo de melhoramento. Adicionalmente, valores de medições necessárias alcançaram valores altos e experimentalmente impossíveis de serem obtidos com apenas duas medições. Esse problema poderia ser resolvido por maior controle das condições ambientais e/ou, alternativamente, com o estudo de correlações genéticas. Esse estudo pode ser usado para promover uma seleção indireta desses caracteres de coeficiente de determinação negligíveis.

Ganhos genéticos expressivos foram observados para o genótipo 12 para as variáveis: peso do fruto, massa da polpa, teor de sólidos solúveis totais, relação SST/ATT e acidez total titulável. Adicionalmente, o genótipo 6 foi classificado entre os melhores genótipos para as variáveis massa da polpa, porcentagem de polpa, teor de sólidos solúveis totais e razão SST/ATT, simultaneamente, podendo contribuir para o setor produtivo (Tabela 3).

A seleção dos oito genótipos destaque (12, 8, 7, 17, 14, 9, 20 e 11) promoveu ganhos genéticos na ordem de 52,56% para peso de fruto (Tabela 3). Altos valores para peso de fruto são desejáveis ao setor produtivo que ainda ocorre quase exclusivamente via extrativismo. As variáveis químicas mais interessantes a estar presentes em valores altos em um ou alguns genótipos homogêneos são, simultaneamente, SST, ATT e SST/ATT.

Table 3 - Means components (BLUP, single) for the most important attributes of the mangaba breeding program: fruit weight (FW, g); total soluble solids (TSS, °Brix); TSS to TTA ratio (TSS/TTA, nondimensional); pulp weight (PW, g); percentage pulp (%P, %) and total titratable acidity (TTA,%)

Tabela 3 - Componentes de médias (BLUP individual) para os atributos mais importantes do programa de melhoramento da mangaba: Peso do Fruto (PF, em g), Teor de Sólidos Solúveis Totais (SST, em °Brix), Relação SST/ATT (adimensional), Peso da Polpa (PP, em g) e Porcentagem de Polpa (%P, em porcentagem) e Teor de Acidez Total Titulável (ATT, %)

FW			TSS			TSS/TTA		
Genotype	Genetic gain	New mean value	Genotype	Genetic gain	New mean value	Genotype	Genetic gain	New mean value
12	11.073	30.3865	22	0.4302	13.7905	15	0.0710	11.5076
8	8.1015	27.4143	17	0.3603	13.7206	12	0.0668	11.5034
7	6.8838	26.1966	15	0.3295	13.6898	6	0.0627	11.4992
17	5.8606	25.1734	16	0.3113	13.6716	17	0.0586	11.4952
14	5.1118	24.4246	9	0.2959	13.6562	14	0.0527	11.4892
9	4.5652	23.8781	14	0.2742	13.6345	19	0.0485	11.4850
20	4.1159	23.4287	6	0.2560	13.6164	8	0.0444	11.4810
11	3.7523	23.0651	12	0.2329	13.5932	16	0.0413	11.4778
19	3.3183	22.6311	1	0.2143	13.5746	22	0.0385	11.4751
10	2.9220	22.2348	8	0.1978	13.5581	9	0.0363	11.4729
18	2.5907	21.9036	2	0.1836	13.5439	21	0.0339	11.4705
13	2.3070	21.6198	10	0.1714	13.5318	2	0.0313	11.4679
5	2.0638	21.3766	21	0.1592	13.5195	10	0.0284	11.4650
22	1.8348	21.1476	19	0.1483	13.5086	4	0.0253	11.4619
3	1.6329	20.9457	4	0.1311	13.4914	11	0.0220	11.4586
4	1.4163	20.7291	20	0.1130	13.4733	3	0.0186	11.4551
6	1.1906	20.5035	11	0.0964	13.4567	18	0.0155	11.4521
1	0.9884	20.3012	13	0.0777	13.4380	13	0.0127	11.4493
21	0.8030	20.1159	18	0.0606	13.4209	1	0.0098	11.4464
15	0.6287	19.9416	5	0.0426	13.4029	7	0.0069	11.4435
16	0.3359	19.6487	7	0.0245	13.3849	5	0.0040	11.4406
2	0.0000	19.3128	3	0.0000	13.3603	20	0.0000	11.4366

Continua...

PW			%P			TTA		
Genotype	Genetic gain	New mean value	Genotype	Genetic gain	New mean value	Genotype	Genetic gain	New mean value
20	7.5718	67.7984	12	3.8617	16.0994	7	0.5309	4.5743
18	5.3454	65.5719	4	3.4397	15.6774	9	0.4084	4.4519
6	4.5858	64.8123	15	3.0285	16.2661	5	0.3600	4.4034
5	3.8876	64.1141	20	2.8092	15.0469	12	0.3202	4.3636
3	3.4551	63.6816	6	2.5696	14.8072	4	0.2913	4.3347
14	3.1403	63.3668	8	2.3728	14.6104	13	0.2608	4.3042
22	2.9128	63.1393	10	2.1759	14.4136	15	0.2197	4.2631
11	2.7227	62.9493	17	2.0046	14.2423	18	0.1845	4.2279
16	2.4553	62.7018	3	1.8068	14.0445	19	0.1562	4.1996
4	2.2317	62.4582	11	1.6429	13.8805	6	0.1331	4.1765
8	2.0186	62.2451	9	1.4985	13.4361	1	0.1133	4.1567
7	1.8206	62.0471	16	1.3751	13.6127	21	0.0961	4.1395
2	1.6372	61.8638	5	1.2478	13.4855	20	0.0809	4.1243
1	1.4605	61.6970	21	1.0323	13.3700	22	0.0678	4.1112
15	1.3065	61.5331	22	1.0090	13.2466	17	0.0563	4.0997
12	1.1256	61.3522	18	0.8980	13.1357	14	0.0459	4.0893
17	0.9111	61.1376	7	0.7613	12.9990	16	0.0365	4.0799
10	0.7139	60.9404	1	0.6392	12.8768	2	0.0279	4.0713
9	0.5264	60.7529	13	0.5114	12.7490	11	0.0201	4.0635
13	0.3500	60.5765	14	0.3559	12.5935	10	0.0129	4.0564
21	0.1824	60.4090	19	0.1811	12.4187	3	0.0064	4.0498
19	0.0000	60.2265	2	0.0000	12.2377	8	0.0000	4.0434

The highest predicted future mean values for TSS, selecting the eight best individuals (22, 17, 15, 16, 9, 14, 6 and 12), accumulated genetic gains of 2.49%. This implies that TSS is almost fixed genetically in this population.

The TSS content depends on the cultivar, plant production and climate conditions. Variations may also occur as a result of water loss, which concentrates the solutes that are present, or of increased water absorption after rainfall or irrigation (LIMA; CHOUDHURY, 2007). The fall in TSS content can also be attributed to the loss of solutes resulting from their transport from the fruit to other parts of the plant, or to high respiration and transpiration activity associated with higher temperatures. Such variations can be explained by the influence that local conditions, especially temperature and insolation, and the type of crop management, exert on the metabolism of the fruit, which may favour or limit the genetic potential of the cultivar (RIBEIRO *et al.*, 2012).

As maiores médias futuras previstas para SST com a seleção dos oito melhores indivíduos (22, 17, 15, 16, 9, 14, 6 e 12) acumularam ganhos genéticos de 2,49% (Tabela 3). Esse fato implica que a variável SST está, nesta população, quase geneticamente fixada.

O teor de SST depende da cultivar, da produção da planta e das condições climáticas. Podem ocorrer, ainda, variações em consequência de perda de água, que concentra os solutos presentes, ou de aumento da absorção de água após chuva ou irrigação (LIMA; CHOUDHURY, 2007). A queda no teor de SST também pode ser atribuída à perda de solutos, decorrente do transporte desses frutos para as outras partes da planta, ou de alta atividade respiratória e transpiratória, associada a temperaturas mais altas. Essas variações são justificadas pela influência que as condições locais, especialmente temperatura e insolação, e o manejo adotado no cultivo exercem sobre o metabolismo dos frutos, que podem favorecer ou limitar o potencial genético da cultivar (RIBEIRO *et al.*, 2012).

The eight genotypes with the highest acidity (TTA) were: 7, 9, 5, 12, 4, 13, 15 and 18. Fruits that are more acidic are highly desirable for the industrial sector. This characteristic can reduce costs as less artificial additives are required to promote a longer shelf life in products derived from industrial fruit processing. Genotypes with a TTA in citric acid greater than 1.0% are considered of the greatest interest to agribusiness (LIMA *et al.*, 2002; PINTO *et al.*, 2003), as there is no need to add citric acid to conserve the pulp, a tactic used to minimise the development of microorganisms.

The greatest future mean values for TSS/TTA were seen in genotypes 15, 12, 6, 17, 14, 19, 8 and 16, promoting a genetic gain of 0.45% when cultivating these genotypes on commercial plantations (Table 3). It can be seen from these results that there is a genetic gain, which characterises the genetic population as consisting of both sweet and acidic fruit genotypes, and certifies it as suitable for small-scale or industrial processing, having considerable shelf life and being relatively economical in the addition of chemical supplements.

The physical variables pulp weight and percentage pulp, are important in both the industrial sector and the consumption of fresh fruit. The genotypes highlighted for pulp weight, in decreasing order of genetic gain, were 12, 4, 15, 20, 6, 8, 10 and 17. Percentage pulp confers a genetic gain of 31.41% when selecting the eight genotypes that exceeded the overall experimental mean for this attribute (Table 3).

CONCLUSIONS

High and intermediate estimate of the components of repeatability were observed to the variables studied thus we can infer that's variables can be used in genetic studies aimed to the increment of the selection process and gradual advanced of the your genetic breeding;

Taking the repeatability as limit that of heritability can assume the values obtained can be considered satisfactory in genetic progress terms thus showing the reliability of the phenotypic value as genotypic value indicator and the significant ability to repeat the expression of the evaluated character;

Significant genetic gains were seen for genotypes 6 and 12, considering the selection of eight highlighted genotypes, based on the key attributes of the improvement program, which may contribute to the productive sector.

Os oito genótipos com maior acidez (ATT) foram: 7, 9, 5, 12, 4, 13, 15 e 18 (Tabela 3). Frutos mais ácidos são altamente desejáveis para o setor industrial. Essa característica pode reduzir custos, pois há menor requerimento em adição de aditivos artificiais para promover maior tempo de conservação de produtos derivados do processamento industrial dos frutos. Os genótipos com ATT acima de 1,0% em ácido cítrico são considerados os de maior interesse para a agroindústria (LIMA *et al.*, 2002; PINTO *et al.*, 2003), tendo em vista não haver necessidade da adição de ácido cítrico para conservação da polpa, artifício utilizado para minimizar o desenvolvimento de microorganismos.

As maiores médias futuras para a variável SST/ATT foram observadas para os genótipos 15, 12, 6, 17, 14, 19, 8 e 16, promovendo um ganho genético de 0,45%, ao cultivar estes indivíduos em plantios comerciais (Tabela 3). Pode-se observar com esses resultados que existe ganho genético, o que caracteriza a população genética como constituída por genótipos de frutos doces e ácidos, e os credencia como aptos para o processamento artesanal ou agroindustrial com considerável vida útil de prateleira a partir de relativa economicidade na adição de suplementos químicos.

As variáveis físicas massa da polpa e porcentagem de polpa são importantes para o setor industrial e de consumo de frutos frescos. Os genótipos destaques para a variável peso da polpa foram os seguintes, em ordem decrescente de ganho genético: 12, 4, 15, 20, 6, 8, 10 e 17. A porcentagem de polpa confere ganho genético de 31,41% ao selecionar os oito genótipos que superaram a média experimental geral para este atributo (Tabela 3).

CONCLUSÕES

Altas e intermediárias estimativas de componentes de repetibilidade foram observadas para as variáveis estudadas, portanto, infere-se que essas variáveis podem ser utilizadas em estudos genéticos com vistas ao incremento de eficiência do processo seletivo e avanço progressivo do melhoramento genético da população dessa espécie;

Tomando a repetibilidade como limite que a herdabilidade pode assumir, os valores obtidos podem ser considerados satisfatórios em termos de progresso genético, indicando boa confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genotípico e significativa capacidade de repetição da expressão do caráter avaliado;

Ganhos genéticos foram observados para os genótipos 6 e 12 considerando-se, simultaneamente, a seleção dos oito genótipos destaques para os atributos mais importantes do programa de melhoramento, podendo contribuir para o setor produtivo.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1, 480p.
- LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos de umbu-cajazeiras (*Spondias* spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000200013>
- LIMA, M. A. C. de; CHOUDHURY, M. M. Características dos cachos de uva. In: LIMA, M.A.C. de (Ed.). Uva de mesa: pós-colheita. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa SemiÁrido, 2007. p.2130. (Série frutas do Brasil, 12).
- LOURENÇO, I. P.; MOURA, C. F. H. ; FIGUEIREDO, R. W. de; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S. de. Caracterização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 499-504, 2013.
- MAIA, M. C. C.; ARAUJO, M. F. C.; ARAÚJO, L. B. DE; DIAS, C. T. DOS S.; OLIVEIRA, L. C.; CRUZ, C. D.; VASCONCELOS, L. F. L.; MACEDO, L. M.; YOKOMIZO, G. K-I.; LIMA, P. S. C. Genetic Divergence Among a Breeding Population of *Hancornia speciosa* Gomes (Mangabeira) as Determined by Multivariate Statistical Methods. **European scientific journal**, v. 14, p. 421-433, 2018.
- NEGREIROS, J. R. S.; SARAIVA, L. L.; OLIVEIRA, T. K. DE; ÁLVARES, V. S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1763-1768, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200017>
- OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. do S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. de A. C.; SILVA, M. das G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611999000300006>
- PINTO, W. da S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. da S. L.; JESUS, S. C. de; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química de frutos de genótipos de cajazeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, 2003.
- RESENDE, M. D. V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a.
- RESENDE, M. D. V. Software SELEGEN – REML/BLUP. Colombo: Embrapa Florestas, 2002b, 67p. (Embrapa Florestas - Documentos, 77).
- RESENDE, M. D. V. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético, Colombo: Embrapa Florestas, 2007, 561p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (UFG), v. 37, p. 182-194, 2007.
- RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E. Maturação e qualidade de uvas para suco em condições tropicais, nos primeiros ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1057-1065, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000800005>
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; SILVEIRA, M. R. S.da. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, v. 64, p. 361-370, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2009032>
- SILVA JÚNIOR, J. F. da; DA S. MUNIZ, A. V. C.; DA S. LÉDO, A.; MAIA, M. C. C.; CARVALHAES, M. A.; DA C. SILVA, S. M.; DULLOO, E.; ALERCIA, A. (2018) Descriptors for Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). Bioversity International, Rome, Italy and Brazilian Agriculture Research Corporation, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, Brazil 56 p. ISBN: 978-92-9255-075-2.
- SCARPINATI, E. A.; PERECIN, D.; PAULA, R. C.; BONINE, C. A. V.; PAVAN, B. E.; CANDIDO, L. S. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 33, p. 769-776, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000400020>
- SILVEIRA, M. R. S. da ; ALVES, R. E. ; ARAGÃO, F. A. S. de ; FIGUEIREDO, R. W. de ; FREITAS, S. L. A. Estudo de genótipos de puçá “coroa de frade” da vegetação litorânea de Beberibe-CE. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 159-165, 2014.