

Estimativas de correlações genotípicas e fenotípicas em germoplasma de maracujazeiro

Eder Jorge de Oliveira (1*); Vanderlei da Silva Santos (1); Diego Souza de Lima (2); Marlos Dourado Machado (2); Rangel Sales Lucena (2); Tiago Borges Nunes Motta (2)

(1) Embrapa Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 007, 44380-000 Cruz das Almas (BA).

(2) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Graduação em Agronomia, 44380-000 Cruz das Almas (BA).

(*) Autor correspondente: eder@cnpmf.embrapa.br

Recebido: 29/jan./2009; Aceito: 11/set./2010.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estimar as correlações genotípicas e fenotípicas entre 25 características morfológicas e agrônomicas de folhas, flores e frutos de maracujazeiro. Assim, 17 acessos de germoplasma foram avaliados em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições e dez plantas úteis por parcela. Os dados foram padronizados e em seguida estimados os coeficientes de correlação fenotípica (r_p) e genotípica (r_g). Noventa correlações fenotípicas (30%) foram significativas pelo teste t, e em 83% dos casos, as correlações foram superiores a 0,60. Os resultados demonstram alta correlação genotípica entre as seguintes características: a) comprimento do androginóforo vs. largura da folha ($r_g = -0,61$); b) espessura de casca vs. comprimento do pecíolo ($r_g = 0,98$); c) rendimento de polpa sem as sementes vs. comprimento do pecíolo e da largura da pétala, ambas com r_g de -0,88; d) teor de sólidos solúveis totais vs largura de frutos ($r_g = -0,72$); e e) massa de frutos vs. largura dos frutos e do peso de casca ($r_g = -0,88$ e 0,91, respectivamente). Embora os genótipos avaliados não sejam de uma população única, a seleção indireta para as características supracitadas é facilitada, pois a correlação genotípica foi superior à fenotípica.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims, melhoramento vegetal, germoplasma, seleção indireta.

Genotypic and phenotypic correlation estimates from passion fruit germplasm

Abstract

The objective of this study was to estimate the genotypic and phenotypic correlations among 25 morphological and agronomic characteristics of leaves, flowers and fruits of passion plants. Seventeen germplasm accessions were evaluated in a randomized block design with two replications and ten plants per plot. The data were standardized and phenotypic (r_p) and genotypic (r_g) correlation coefficients were estimated. Ninety phenotypic correlations (30%) were significant by t-test and 83% of correlations were above 0.60. The results showed a high genotypic correlation among the following characteristics: a) androgynophore length vs. leaf width ($r_g = -0.61$); b) peel thickness vs. petiole length ($r_g = 0.98$); c) pulp yield without seed vs. petiole length and petal width, both with r_g -0.88; d) total soluble solids vs. fruit width ($r_g = -0.72$), and e) weight of fruit vs. fruit width and peel weight ($r_g = -0.88$ and 0.91, respectively). Although the genotypes are not originated from a single population, indirect selection to aforementioned characteristics is easily, because the genotypic correlation was higher than the phenotypic.

Key words: *Passiflora edulis* Sims, plant breeding, germplasm, indirect selection.

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-amarelo, pertencente à espécie *Passiflora edulis* Sims (BERNACCI et al., 2008) é plantado em quase todos os Estados brasileiros, ocupando 95% da área cultivada com maracujá. O Brasil é o maior produtor e consumidor de maracujá do mundo e essa posição de destaque foi obtida com o desenvolvimento do cultivo nas três últimas décadas (GONÇALVES e SOUZA, 2006).

Diversos métodos de melhoramento são aplicáveis à cultura do maracujazeiro, com o objetivo de aumentar a frequência de alelos favoráveis ou explorar a heterose

(MELETTI et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2008) e ainda manter a variabilidade alélica para os locos de incompatibilidade (SUASSUNA et al., 2003). Dentre os principais objetivos dos programas de melhoramento do maracujazeiro têm-se o aumento do potencial produtivo, a melhoria da qualidade dos frutos, a resistência às doenças fúngicas e viróticas, e o aumento da polinização natural. Como muitas características são levadas em consideração no processo seletivo para obtenção deste ideótipo, as correlações entre características podem influenciar positiva ou negativamente nesta seleção e, portanto, devem ser avaliadas para otimização dos ganhos.

As correlações medem o grau de associação entre duas variáveis (STEEL e TORRIE, 1960; KEMPTHORNE, 1973); uma correlação alta entre dois caracteres permite a seleção para uma característica de interesse, principalmente quando esta possui herança complexa, por meio de outra característica correlacionada e de mais fácil mensuração. Esta estratégia permite obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta, de forma que otimize os ganhos nos programas de melhoramento genético (CARVALHO et al., 2004). Os coeficientes de correlação são apropriados para avaliar a associação entre características porque são adimensionais e permitem a comparação entre diferentes pares de características, diferentemente das covariâncias (GONÇALVES et al., 2008).

O conhecimento da associação entre caracteres agrônômicos e morfológicos permite ao melhorista antever as consequências da mudança simultânea das características, podendo resultar em maior eficiência na seleção daquelas a serem melhoradas, bem como em ganho de tempo e economia de trabalho, em relação à seleção isolada para um determinado caráter (FALCONER e MACKAY, 1996). As correlações fenotípicas possuem causas genéticas e ambientais, porém somente as associações de natureza genética são herdáveis. Assim, a correlação fenotípica tem pouco valor prático, devendo ser desmembrada em causas de origem genética e de ambiente (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

No caso do maracujazeiro, existem poucas informações sobre as estimativas de correlações genotípicas entre características de interesse. Em um desses trabalhos, VIANA et al. (2003) estudaram as correlações simples e canônicas entre características de frutos de maracujá-amarelo, e verificaram a existência de correlações genotípicas positivas, entre massa e largura de frutos, largura e comprimento de frutos, acidez e largura de frutos, e negativa entre grau brix e comprimento de frutos. Estes resultados foram confirmados por GONÇALVES et al. (2008), para todas as características comuns entre os trabalhos, sendo ainda obtidas correlações genético-aditivas negativas entre número de frutos por planta *versus* massa, comprimento e largura de frutos *versus* peso de frutos; e positivas entre número de frutos *versus* espessura de casca, massa de frutos *versus* comprimento e largura de frutos, e entre espessura de casca e número de dias até a antese.

Este trabalho objetivou estimar as correlações fenotípicas e genotípicas entre 25 características morfo-agronômicas avaliadas em 17 acessos de maracujazeiro amarelo, a fim de contribuir na orientação das estratégias de seleção dos programas de melhoramento genético.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em maio de 2007, no espaçamento de 2,0 m entre linhas e 3,5 m entre plantas. O

sistema de condução utilizado foi o de espaldeira vertical com um fio de arame liso n.º 12, a 2 m de altura do solo.

Foram avaliados 13 acessos de maracujazeiro-amarelo e 4 de maracujá roxo, utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições e dez plantas úteis por parcela. As seguintes características foram analisadas: 1) diâmetro do caule (DCau, em cm); 2) largura da folha (LFo, em cm); 3) comprimento da folha (CFo, em cm); 4) comprimento do pecíolo (CPec, em cm); 5) diâmetro do pecíolo (DPec, em cm); 6) diâmetro da flor (DFl, em cm); 7) comprimento da pétala (CPet, em cm); 8) largura da pétala (LPet, em cm); 9) diâmetro da corona (DCor, em cm); 10) comprimento do ovário (COv, em cm); 11) diâmetro do ovário (DOv, em cm); 12) comprimento do androginóforo (CAnd, em cm); 13) largura de frutos (LFr, em cm); 14) comprimento de frutos (CFr, em cm); 15) massa de frutos (MFr, em g); 16) formato de frutos (FFr, obtido pela relação comprimento/largura); 17) espessura da casca (ECas, em mm); 18) massa da casca (MCas, em g); 19) massa da polpa sem as sementes (MPol-Sem, em g); 20) massa da polpa com as sementes (MPol+Sem, em g); 21) rendimento de polpa com as sementes (RPol+Sem, em %); 22) rendimento de polpa sem as sementes (RPol-Sem, em %); 23) Acidez total titulável (ATT, em g 100 g⁻¹); 24) Sólidos solúveis totais (SST, em °brix); 25) Relação STT/AST (Ratio).

Os acessos de germoplasma utilizados no presente estudo são oriundos de coletas em diversas regiões do Nordeste e Sudeste do Brasil. Como o Banco Ativo de Germoplasma de Maracujazeiro (BAG-Maracujá) da Embrapa Mandioca e Fruticultura é renovada a cada dois anos, devido ao elevado número de acessos da coleção (340), a escolha dos acessos foi realizada em função daqueles que estavam sendo renovados na safra de 2007/2009. A padronização das variáveis foi realizada dividindo-se o desvio de cada observação em relação à média pelo desvio-padrão da amostra. Os coeficientes de correlação fenotípica (r_f) e genotípica (r_g) foram estimados utilizando o programa Genes (CRUZ, 2006), por meio das seguintes expressões:

$$r_f = \frac{PMT_{xy}}{\sqrt{QMT_x \cdot QMT_y}} \quad e \quad r_g = \frac{\hat{\sigma}_{gxu}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \hat{\sigma}_{gy}^2}},$$

sendo:

$$\hat{\sigma}_{gxy} = \frac{PMT_{xy} - PMR_{xy}}{r}, \quad \hat{\sigma}_{gx}^2 = \frac{QMT_x - QMR_x}{r} \quad e$$

$$\hat{\sigma}_{gy}^2 = \frac{QMT_y - QMR_y}{r}$$

sendo:

- PMT_{xy} e PMR_{xy} : produtos médios associados aos efeitos de tratamentos e resíduo, respectivamente, em relação às características x e y;

- QMT_x e QMT_y : quadrados médios associados aos efeitos de tratamentos das características x e y, respectivamente;
- QMR_x e QMR_y : quadrados médios associados aos efeitos de resíduos das características x e y, respectivamente;
- $\hat{\sigma}_{gy}$: estimativa da covariância genotípica entre as características x e y;
- $\hat{\sigma}_{gx}^2$ e $\hat{\sigma}_{gy}^2$: estimativa das variâncias genotípicas das características x e y, respectivamente.

A estatística t foi utilizada para avaliar a hipótese de o coeficiente de correlação fenotípica (r) ser igual a zero, por meio da expressão $t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$, em que t está

associado a $n-2$ graus de liberdade e a 1% de probabilidade, sendo n igual ao número de pares de observações, e r o coeficiente de correlação. Além disso, verificou-se a magnitude dos coeficientes de correlação de acordo com a classificação de CARVALHO et al. (2004): $r = 0$ (nula); $0 < |r| < 0,30$ (fraca); $0,30 < |r| < 0,60$ (média); $0,60 < |r| < 0,90$ (forte); $0,90 < |r| < 1$ (fortíssima) e $|r| = 1$ (perfeita).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observaram-se 90 correlações fenotípicas significativas, com valores variando de 0,48 a 0,96, indicando alto grau de associação. Em 83,3% das correlações significativas, os valores das estimativas foram superiores a 0,60, indicando forte correlação de acordo com CARVALHO et al. (2004) (Tabelas 1 e 2). Entretanto, alguns trabalhos relatam a detecção de significância até mesmo para valores baixos de correlação, quando o número de graus de liberdade incluídos no teste t é elevado (VASCONCELLOS et al., 1998; KUREK et al., 2002), o que não foi observado no presente trabalho. Independente da significância estatística do teste t , 48,0% das correlações fenotípicas foram consideradas fracas; 31,8% medianas; 18,9% fortes e 1,3% fortíssimas.

Em relação às correlações fenotípicas e genotípicas, verificou-se uma grande similaridade entre os pares de características, em relação ao sentido e à magnitude das correlações (Tabelas 1 e 2). Em razão dessa similaridade e do maior valor prático nos trabalhos de melhoramento, somente as correlações genotípicas serão analisadas com maior detalhe.

Tabela 1. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_f - diagonal superior) e genotípica (r_g - diagonal inferior) para as características: diâmetro do caule (DCau), largura da folha (LFo), comprimento da folha (CFo), comprimento do pecíolo (CPec), diâmetro do pecíolo (DPec), diâmetro da flor (DFI), comprimento da pétala (CPet), largura da pétala (LPet), diâmetro da coroa (DCor), comprimento do ovário (COv), diâmetro do ovário (DOv), comprimento do androginóforo (CAnd) e massa de frutos (MFr)

Características	DCau	LFo	CFo	CPec	DPec	DFI	CPet	LPet	Dcor	Cov	DOv	CAnd	MFr
DCau	-	0,03	-0,18	-0,01	-0,35	-0,10	-0,06	-0,14	0,07	-0,12	0,08	-0,01	0,06
LFo	0,02	-	0,18	-0,01	-0,14	-0,35	-0,03	-0,36	-0,23	-0,36	-0,25	-0,61**	0,20
CFo	-0,22	0,21	-	-0,01	-0,07	-0,15	0,22	0,00	-0,10	-0,26	-0,19	-0,01	0,13
CPec	0,00	-0,17	-0,06	-	0,72**	0,76**	0,38	0,68**	0,65**	0,53*	0,42	0,34	0,26
DPec	-0,40	-0,26	-0,12	0,84	-	0,75**	0,40	0,72**	0,47	0,59*	0,36	0,36	0,06
DFI	-0,11	-0,45	-0,18	0,90	0,84	-	0,61**	0,93**	0,81**	0,75**	0,75**	0,33	0,17
CPet	-0,07	-0,03	0,23	0,49	0,47	0,63	-	0,61**	0,64**	0,65**	0,78**	-0,20	0,41
LPet	-0,13	-0,44	-0,01	0,81	0,81	0,96	0,63	-	0,78**	0,67**	0,68**	0,39	0,07
Dcor	0,07	-0,32	-0,13	0,79	0,54	0,84	0,68	0,81	-	0,68**	0,88**	0,08	0,10
COv	-0,13	-0,50	-0,33	0,65	0,67	0,79	0,69	0,71	0,72	-	0,72**	0,21	0,27
DOv	0,09	-0,43	-0,31	0,61	0,47	0,89	0,94	0,79	0,89	0,82	-	-0,12	0,32
CAnd	0,00	-0,80	-0,04	0,44	0,42	0,36	-0,21	0,42	0,07	0,24	-0,18	-	-0,08
PFr	0,07	0,27	0,17	0,33	0,08	0,18	0,44	0,07	0,13	0,30	0,38	-0,10	-
LFr	0,20	0,10	0,06	0,09	-0,05	0,06	0,17	-0,03	-0,11	0,09	0,17	-0,05	0,89
CFr	-0,09	0,14	-0,61	-0,24	0,34	0,45	0,64	0,28	0,33	0,69	1,06	-0,61	0,64
FFr	-0,29	0,05	-0,78	-0,27	0,51	0,54	0,65	0,44	0,56	0,80	1,13	-0,61	-0,09
ECas	0,19	-0,21	0,12	0,98	0,73	0,77	0,60	0,76	0,59	0,55	0,61	0,37	0,47
PCas	0,01	0,05	0,23	0,62	0,41	0,47	0,58	0,41	0,34	0,46	0,54	0,09	0,91
MPol+Sem	0,13	0,47	0,06	-0,09	-0,33	-0,20	0,17	-0,33	-0,15	0,04	0,09	-0,30	0,87
MPol-Sem	0,28	0,38	-0,02	-0,18	-0,37	-0,24	0,17	-0,42	-0,14	0,06	0,16	-0,38	0,83
RPol+Sem	0,10	0,45	-0,16	-0,87	-0,82	-0,82	-0,56	-0,86	-0,64	-0,56	-0,63	-0,42	-0,23
RPol-Sem	0,33	0,28	-0,28	-0,88	-0,76	-0,74	-0,38	-0,88	-0,54	-0,33	-0,35	-0,52	0,01
ATT	0,00	0,56	0,02	-0,39	-0,55	-0,57	-0,59	-0,76	-0,60	-0,51	-0,60	-0,30	0,28
SST	-0,12	-0,07	0,08	0,32	0,20	0,13	-0,11	0,34	0,35	-0,08	-0,04	0,44	-0,58
Ratio	-0,06	-0,43	0,04	0,68	0,71	0,73	0,49	0,89	0,73	0,48	0,60	0,46	-0,28

*e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t , respectivamente.

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_f - diagonal superior) e genotípica (r_g - diagonal inferior) para as características: largura de frutos (LFr), comprimento de frutos (CFr) e formato de frutos (FFr), espessura da casca (ECas), massa da casca (MCas), massa da polpa com as sementes (MPol+Sem), massa da polpa sem as sementes (MPol-Sem), rendimento de polpa com as sementes (RPol+Sem), rendimento de polpa sem as sementes (RPol-Sem), acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e razão entre SST e ATT (Ratio)

Características	LFr	CFr	FFr	ECas	MCas	MPol + Sem	MPol - Sem	RPol + Sem	RPol - Sem	ATT	SST	Ratio
DCau	0,17	-0,03	-0,11	0,18	0,01	0,10	0,24	0,08	0,28	0,00	-0,11	-0,06
LFo	0,07	0,06	0,03	-0,15	0,03	0,34	0,27	0,33	0,18	0,44	-0,05	-0,34
CFo	0,05	-0,29	-0,34	0,11	0,19	0,04	-0,04	-0,15	-0,25	0,02	0,06	0,03
CPec	0,07	-0,09	-0,09	0,80**	0,50	-0,07	-0,15	-0,70**	-0,68**	-0,32	0,26	0,57*
DPec	-0,04	0,09	0,14	0,64**	0,36	-0,29	-0,32	-0,72**	-0,64**	-0,46	0,17	0,63**
DFI	0,06	0,21	0,24	0,73**	0,45	-0,19	-0,23	-0,78**	-0,69**	-0,54*	0,13	0,72**
CPet	0,16	0,33	0,32	0,56*	0,54*	0,15	0,15	-0,52*	-0,34	-0,54*	-0,10	0,47
LPet	-0,02	0,14	0,20	0,72**	0,39	-0,31	-0,39	-0,83**	-0,81**	-0,72**	0,31	0,87**
Dcor	-0,11	0,15	0,25	0,55*	0,31	-0,16	-0,15	-0,61**	-0,49*	-0,56*	0,32	0,70**
COv	0,07	0,32	0,35	0,50*	0,42	0,03	0,05	-0,52*	-0,30	-0,46	-0,08	0,45
DOv	0,15	0,44	0,44	0,51*	0,46	0,08	0,13	-0,53*	-0,30	-0,48*	-0,02	0,50*
CAnd	-0,03	-0,24	-0,23	0,33	0,10	-0,26	-0,32	-0,38	-0,45	-0,28	0,38	0,42
PFr	0,88**	0,33	-0,02	0,46	0,91**	0,87**	0,81**	-0,2	0,01	0,27	-0,51*	-0,26
LFr	-	0,34	-0,07	0,41	0,82**	0,75**	0,74**	-0,19	0,06	0,34	-0,64**	-0,37
CFr	0,65	-	0,91**	0,11	0,27	0,31	0,33	-0,04	0,11	0,13	-0,27	-0,12
FFr	-0,21	0,60	-	-0,04	-0,04	0,00	0,03	0,01	0,06	-0,04	-0,01	0,07
ECas	0,43	0,19	-0,12	-	0,75**	0,00	-0,02	-0,89**	-0,70**	-0,46	0,04	0,56*
PCas	0,81	0,51	-0,15	0,78	-	0,58*	0,52*	-0,59*	-0,36	-0,03	-0,34	0,08
MPol+Sem	0,76	0,63	-0,01	0,00	0,58	-	0,96**	0,31	0,43	0,55*	-0,60*	-0,59*
MPol-Sem	0,75	0,71	0,08	-0,02	0,52	0,98	-	0,34	0,58*	0,53*	-0,69**	-0,64**
RPol+Sem	-0,20	-0,06	0,07	-0,93	-0,62	0,29	0,33	-	0,86**	0,61**	-0,23	-0,73**
RPol-Sem	0,07	0,32	0,23	-0,75	-0,38	0,47	0,57	0,91	-	0,57*	-0,53*	-0,79**
ATT	0,35	0,29	-0,08	-0,49	-0,05	0,59	0,57	0,66	0,64	-	-0,47	-0,89**
SST	-0,72	-0,62	-0,01	0,05	-0,38	-0,68	-0,79	-0,26	-0,61	-0,55	-	0,66**
Ratio	-0,39	-0,25	0,17	0,59	0,08	-0,63	-0,68	-0,76	-0,85	-0,91	0,69	-

*e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t , respectivamente.

A característica LFo revelou correlação negativa com CAnd ($r_g = -0,80$), indicando que o aumento na largura das folhas resulta em redução no tamanho do androginóforo (estrutura formada pelo prolongamento do receptáculo floral que sustenta o gineceu e o androceu). Androginóforos mais curtos levam à redução da distância entre o estigma e a corona da flor (JUNQUEIRA et al., 2005). Essa característica é importante para que ocorra a polinização natural, haja vista que as variedades atualmente existentes no mercado necessitam de polinizações artificiais complementares, devido ao maior comprimento do androginóforo, e conseqüentemente, à maior altura da corona ao estigma. O desenvolvimento de variedades de maracujazeiro com menor altura do androginóforo poderia possibilitar que insetos menores pudessem atuar como agentes polinizadores e assim, reduzir a dependência das polinizações artificiais. As plantas que possuem androginóforo longo só podem ser polinizadas por insetos grandes, como a mamangava, inseto que não forma colônias, e por isso, quase sempre ocorrem em número insuficiente para polinizar uma lavoura de maracujazeiro.

O comprimento do pecíolo (CPec) correlacionou-se com outras características das folhas (DPec), flores (DFI,

LPet, DCor e COv) e frutos (Ratio, ECas, RPol+Sem, RPol-Sem). Entretanto, as correlações mais importantes para fins práticos estão as que envolvem o CPec e ECas ($r_g = 0,98$), RPol+Sem ($r_g = -0,87$) e RPol-Sem ($r_g = -0,88$).

As altas correlações genotípicas e positivas entre CPec x ECas e negativas entre CPec x (RPol+Sem e RPol-Sem) indicam que plantas com frutos de casca fina e maior rendimento de polpa podem ser selecionados antes de frutificar, por meio da seleção de folhas com pecíolo curto. Essa estratégia teria a vantagem de permitir a seleção por um período maior que o da frutificação, uma vez que poderia ser iniciada assim que as plantas tivessem folhas em estado adequado para se avaliar o comprimento do pecíolo. Entretanto, a complexidade das relações existentes entre estas características exige futuras investigações a respeito de seu uso na seleção indireta.

O DPec apresentou a mesma tendência de correlação, à exceção da inexistência de correlação positiva com DCor. Assim, como nos acessos estudados, a correlação genotípica entre CPec e DPec é positiva (0,84), pois quanto maior o comprimento e o diâmetro do pecíolo, maior será a espessura da casca do fruto e menor será o rendimento de polpa, com ou sem sementes. Portanto, o

melhorista deve atentar sobre como direcionar a seleção de plantas, de modo que considere estas correlações.

Na característica DFI notou-se alta correlação genotípica com outras características de flores, como CPet, LPet, DCor, COv, DOv, bem como para ECas e Ratio. Por outro lado, observou-se elevadas correlações negativas com RPol+Sem, RPol-Sem e ATT, algumas das mais importantes no processo de seleção indireta. Na característica CPet observou-se correlação positiva com LPet, DCor, COv, DOv, ECas, PCas e negativa com RPol+Sem e ATT. Além disso, na LPet ocorreu as mesmas correlações positivas, exceto com PCas, e incluindo o Ratio. Também observou-se correlação negativa entre LPet e as características RPol+Sem, RPol-Sem e ATT.

O diâmetro da corona (DCor) revelou alta correlação positiva com COv, DOv, ECas e Ratio; e negativa com RPol+Sem, RPol-Sem e ATT. Já no comprimento do ovário (COv) houve correlação positiva com DOv e ECas; e negativa com RPol+Sem. A característica DOv revelou correlação positiva com ECas e Ratio, e negativa com RPol+Sem e ATT.

Em relação às características relacionadas à qualidade dos frutos, a MFr apresentou correlação positiva com LFr, MCas, MPol+Sem e MPol-Sem, e negativa com SST. A largura de frutos possui a mesma tendência de associação entre as características. A massa de frutos é um dos componentes de produção, sendo composto pela massa da polpa mais a da casca. Porém, o que se observa é que o aumento da massa do fruto acarreta aumento na da polpa com e sem sementes, mas não leva ao aumento do rendimento de polpa, indicando que frutos maiores não necessariamente terão maior quantidade de polpa, o que corrobora observações de outros autores (MARTINS et al., 2003). Embora o trabalho de GONÇALVES et al. (2008) demonstre a existência de correlação genético-aditiva negativa entre massa de fruto e rendimento de polpa, nesse trabalho, esta foi de baixa magnitude.

LINHALES (2007) identificou correlações fenotípicas de 0,92 entre o número de frutos por planta e a produção estimada por planta e de 0,54 entre a massa dos frutos e a produção estimada por planta, mostrando que a característica número de frutos por planta indica maior contribuição na obtenção de genótipos mais produtivos. Estes resultados corroboram as informações obtidas por MORAES et al. (2005), o que demonstra a possibilidade de sua utilização na seleção indireta para produção de frutos.

Outros trabalhos demonstram a falta de correlação entre número de frutos por planta e outras características de qualidade de frutos (espessura de casca, massa, comprimento e largura de frutos), apontando a possibilidade de seleção de progênies superiores nessas características (SILVA et al., 2009).

Em teoria, o comprimento e a largura influenciam diretamente na massa dos frutos. Entretanto, desses dois caracteres, apenas a LFr foi fortemente correlacionada a MFr

($r_g=0,89$). Foram também positivas e elevadas as correlações genotípicas entre MFr e PCas (0,91), MPol+Sem (0,87) e MPol-Sem (0,83), e negativa entre MFr e SST (-0,58).

No trabalho de LINHALES (2007), a característica comprimento do fruto apresentou alta correlação com largura do fruto, massa do fruto, da polpa e da casca: 0,91, 0,97, 0,89 e 0,90, respectivamente, enquanto para a característica diâmetro do fruto, as correlações com massa do fruto, da polpa e da casca foram de 0,89, 0,76, e 0,90, respectivamente, indicando que a seleção de frutos com maior comprimento possibilita a obtenção de maracujás com maior massa. Estes resultados também foram corroborados por SILVA et al. (2009), os quais demonstraram que progênies com maior peso de frutos tendem a ter frutos maiores (longitudinalmente e transversalmente) e com maior espessura de casca. Nesse trabalho, a correlação genotípica entre PFr e CFr também foi considerada forte ($r_g=0,64$).

No presente trabalho, associações elevadas e positivas também foram observadas entre as características espessura de casca (ECas) *versus* PCas (0,78) e Ratio (0,59). Por outro lado, observou-se correlação negativa com RPol+Sem (-0,93) e RPol-Sem (-0,75). No caso de massa da casca (MCas) foram estimadas correlações positivas com MPol+Sem e PMol-Sem; e negativa com RPol+Sem.

Como esperado, o MPol-Sem está correlacionado positivamente com MPol+Sem, RPol-Sem e ATT. Já o PPol+Sem está correlacionado positivamente somente com ATT. Porém, tanto MPol-Sem quanto MPol+Sem foram correlacionados negativamente com SST e Ratio.

Em alguns casos, é possível obter progressos mais rápidos com a seleção indireta com base na resposta correlacionada, do que com a seleção direta do caráter desejado (CRUZ et al., 2004). Entretanto, considerando-se que a correlação genotípica é um parâmetro populacional, e que os acessos de maracujazeiro avaliados são não relacionados por cruzamentos, o direcionamento da seleção dentro do programa de melhoramento não deve ser baseada única e exclusivamente na seleção indireta para pares de características correlacionadas. Entretanto, o trabalho revela algumas indicações importantes, a exemplo das características relacionada às flores como CPet, DPet, DFI, LPet, DCor, COv e DOv nas quais há correlações positivas com ECas e Ratio, e negativas com atributos relacionados ao rendimento de polpa com e sem sementes. Já DFI, CPet, LPet, DCor e DOv possuem correlações negativas com ATT, sendo portanto, características candidatas à seleção indireta.

Das 90 correlações fenotípicas significativas, em 85 delas a correlação genotípica foi superior à correlação fenotípica, demonstrando que a expressão fenotípica para estas características é reduzida diante das influências do ambiente, devido, provavelmente, as causas de variação genética e de ambiente terem influenciado os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (FALCONER e MACKAY, 1996). Já para massa de casca *versus* rendimento de polpa com e sem sementes, os valores da correlação ge-

notípica foram iguais à correlação fenotípica. Entretanto, para as correlações entre MPol-Sem x RPol-Sem, CFr x FFr e LFr x PCas, as correlações fenotípicas foram maiores que as genotípicas. Em ambos os casos é possível inferir que a seleção indireta para uma das características resulta em maiores ou menores alterações na outra e vice-versa, dependendo do sentido da correlação. Esse fato é possível, porque se dois ou mais caracteres têm correlação genotípica favorável, é possível alcançar ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado.

Levando-se em consideração o sentido e a magnitude das correlações e a facilidade de mensuração de algumas características, do ponto de vista prático do uso da seleção indireta nos programas de melhoramento genético, as correlações de maior valor agrônomo seriam aquelas relacionadas a: a) identificação de plantas com menor tamanho de androginóforo por meio da correlação LFO x CAnd ($r_g = -0,61$); b) menor espessura de casca, por meio da correlação com CPec ($r_g = 0,98$); c) rendimento de polpa sem sementes *versus* CPec, e LPet, ambos com $r_g = -0,88$; d) sólidos solúveis totais por meio de LFr ($r_g = -0,72$); e e) massa de frutos *versus* LFr e PCas ($r_g = 0,88$ e $0,91$, respectivamente). Portanto, é esperado que estas cinco características possam ser combinadas em populações segregantes via cruzamentos, uma vez que o conjunto gênico com ação pleiotrópica faz com que os blocos gênicos variem e promovam a alteração das associações nas populações derivadas (CRUZ et al., 2004).

As estimativas de correlações permitem prever o comportamento de uma característica quando se realiza a seleção em outra correlacionada. De maneira clássica, implica a viabilidade de se promover a seleção em uma característica de fácil mensuração, visando obter ganhos em outra de difícil avaliação, ou de baixa herdabilidade (FALCONER e MACKAY, 1996; CRUZ et al., 2004). Utilizando esta estratégia, é possível identificar genótipos de maracujazeiro com menor tamanho de androginóforo, menor espessura de casca, maior rendimento de polpa, maior teor de sólidos solúveis totais e maior massa de frutos, ainda em gerações iniciais de cruzamentos, o que levaria à redução do tempo e do uso de recursos físicos, financeiros e humanos, no manejo das populações segregantes até a obtenção de novas variedades ou de parentais para uso nos programas de melhoramento genético.

As principais causas da correlação são decorrentes de: 1) ligação gênica, um estado transitório, tendo em vista que o desequilíbrio de ligação é perdido ao longo dos ciclos de reprodução aleatória; 2) pleotropia, que é causa principal e permanente da correlação (FALCONER e MACKAY, 1996). No presente trabalho, acredita-se que a maior parte das correlações se deva ao efeito pleiotrópico dos genes, tendo em vista que os acessos utilizados nesta análise estão em equilíbrio de Hardy Weinberg.

Este trabalho representa a mais completa relação de correlações estimadas entre características morfológicas e

agronômicas na cultura do maracujazeiro. Embora haja correlações genotípicas indesejáveis entre algumas características (MFr x SST, $r_g = -0,58$; LFr x SST, $r_g = -0,72$; ECas x RPol+Sem, $r_g = -0,93$; ECas x RPol-Sem, $r_g = -0,75$; MCas x RPol+Sem, $r_g = -0,62$; MPol+Sem x SST, $r_g = -0,68$; MPol+Sem x Ratio, $r_g = -0,63$; MPol-Sem x SST, $r_g = -0,79$; MPol-Sem x Ratio, $r_g = -0,68$; RPol+Sem x Ratio, $r_g = -0,76$; RPol-Sem x SST, $r_g = -0,61$; RPol-Sem x Ratio, $r_g = -0,85$; e; ATT x Ratio, $r_g = -0,91$), as correlações fenotípicas correspondentes foram menores que as genotípicas, o que indica ser possível obter recombinantes promissores para as características mais importantes economicamente, por meio da realização de cruzamentos entre acessos contrastantes. As populações-base entre tipos contrastantes poderão ser desenvolvidas utilizando métodos de melhoramento de populações, como a seleção recorrente.

4. CONCLUSÃO

A correlação genotípica foi maior do que a correlação fenotípica na maior parte dos casos, demonstrando que os fatores genéticos contribuíram mais do que os de ambiente para as correlações. Apesar do fato de que a correlação entre características é um parâmetro populacional, as estimativas obtidas para um conjunto de genótipos independentes são indicadores que possibilitam a elaboração de melhores estratégias de seleção indireta para caracteres de importância econômica para a cultura do maracujazeiro.

Algumas características morfológicas de fácil mensuração podem ser utilizadas para obtenção de genótipos de maracujazeiro com menor tamanho de androginóforo, menor espessura de casca, maior rendimento de polpa, maior teor de sólidos solúveis totais e maior massa de frutos, em estágios precoces de melhoramento, embora seja necessária a validação da eficiência da seleção indireta em populações oriundas de delineamentos genéticos. A massa dos frutos é um dos componentes de produção e da qualidade, e o aumento na massa do fruto acarreta em aumento na massa de polpa, mas não no seu rendimento. Neste contexto, o melhoramento deve atuar na seleção de plantas com frutos de massa mediana e maior rendimento de polpa.

A existência de correlações negativas entre algumas características de interesse agrônomo requer a utilização de métodos de seleção que as levem em consideração no momento da seleção dos genótipos superiores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto e pela concessão das bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- BERNACCI, L.C.; SOARES-SCOTT, M.D.; JUNQUEIRA, N.T.J.; PASSOS, I.R.S.; MELETTI, L.M.M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, p. 566-576, 2008.
- CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária - UFPel, 2004. 141p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382p.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F. Introduction to quantitative genetics. 4.ed. Londres: Longman Group, 1996. 464p.
- GONÇALVES, J.S.; SOUZA, S.A.M. Fruta da Paixão: panorama econômico do maracujá no Brasil. *Informações Econômicas*, v.36, p. 29-36, 2006.
- GONÇALVES, G.M.; VIANA, A.P.; REIS, L.S.; NETO, F.V.B.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; REIS, L.S. Correlações fenotípicas e genético-aditivas em maracujá-amarelo pelo delineamento I. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1413-1418, 2008.
- JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; FALEIRO, F.G.; PEIXOTO, J.R.; BERNACCI, L.C. Potencial das espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: 2005. p.81-108.
- KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. Ames, Iowa: State University Press, 1973. 454p.
- KUREK, A.J.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; CARGNIN, A.; MARCHIORO, V.S.; LORENCETTI, C. Coeficiente de correlação entre caracteres agrônômicos e de qualidade de grãos e sua utilidade na seleção de plantas de aveia. *Ciência Rural*, v.32, p.371-376, 2002.
- LINHALES, H. Seleção em famílias de irmãos completos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no segundo ano de produção. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MARTINS, M.R.; OLIVEIRA, J.C.; MAURO, A.O.; SILVA, P.C. Avaliação de populações de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) obtidas de polinização aberta. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, p.111-114, 2003.
- MELETTI, L.M.M.; SANTOS, R.R.; MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro – amarelo: obtenção do ‘Composto IAC – 27’. *Scientia Agricola*, v.56, p.491-498, 2000.
- MORAES, M.C.; GERALDI, I.O.; MATTA, F.P.; VIEIRA, M.L.C. Genetic and phenotypic parameter estimates for yield and fruit quality traits from a single wide cross in yellow passion fruit. *HortScience*, v.40, p.1978-1981, 2005.
- OLIVEIRA, E.J.; SANTOS, V.S.; LIMA, D.S.; MACHADO, M.D.; LUCENA, R.S.; MOTTA, T.B.N.; CASTELLEN, M.S. Seleção em progênies de maracujazeiro-amarelo com base em índices multivariados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1543-1549, 2008.
- SANTOS, J.B.; VENCOSKY, R. Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agrônômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Ciência e Prática*, v.10, p.265-272, 1986.
- SILVA, M.G.M.; VIANA, A.P.; GONÇALVES, G.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G. Seleção recorrente intrapopulacional no maracujazeiro amarelo: alternativa de capitalização de ganhos genéticos. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.170-176, 2009.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.L. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw Hill, 1960. 481p.
- SUASSUNA, T.M.F.; BRUCKNER, C.H.; CARVALHO, C.R.; BOREM, A. Self-incompatibility in passionfruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. *Theoretical and Applied Genetics*, v.106, p.298-302, 2003.
- VASCONCELLOS, N.J.S.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, J.; SILVA, S.A.; MARCHIORO, V.S.; AZEVEDO, R.; LORENCETTI, C. Efeito do ambiente e correlação entre componentes do grão em genótipos de aveia cultivados no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.2, p.85-88, 1998.
- VENCOSKY, R.; BARRIGA, P. Genética Biométrica no Melhoramento. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496p.
- VIANA, A.P.; PEREIRA, T.N.S.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, M.M.; MALDONADO, J.F.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Simple and canonic correlation between agronomical and fruit quality traits in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.3, p.133-140, 2003.