

CARLOS EDUARDO MAGALHÃES DOS SANTOS

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES E ESTRATÉGIAS DE
SELEÇÃO NO MARACUJAZEIRO-AZEDO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237c
2008

Santos, Carlos Eduardo Magalhães dos, 1980-
Controle genético de caracteres e estratégias de
seleção no maracujazeiro-azedo / Carlos Eduardo
Magalhães dos Santos. – Viçosa, MG, 2008.
xii, 86f.: il. ; 29cm.

Orientador: Claudio Horst Bruckner.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Maracujá - Melhoramento genético. 2. Maracujá -
Seleção. 3. Genética quantitativa. 4. Heterose.
5. Maracujá - Controle. 6. Análise multivariada.
7. Correlações econômicas (Estatística) I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.4253

CARLOS EDUARDO MAGALHÃES DOS SANTOS

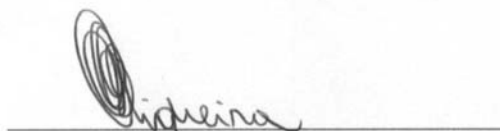
**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES E ESTRATÉGIAS DE
SELEÇÃO NO MARACUJAZEIRO-AZEDO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 07 de Março de 2008



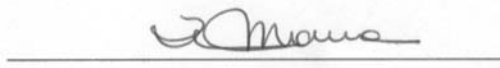
Prof. Cosme Damião Cruz
(Co-orientador)



Prof. Dalmo Lopes de Siqueira
(Co-orientador)



Prof. Tuneo Sedyama



Dra. Waldênia de Melo Moura



Prof. Claudio Horst Bruckner
(Orientador)

Dedico

Aos meus pais Carlos Emílio e Maria
Aparecida...

Aos meus irmãos Giancarlo, Leonardo e
Vinicius...

À Luciana, pessoa especial em minha vida...

"As dificuldades são o aço estrutural que entra na construção do caráter."

Carlos Drummond de Andrade

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por tudo o que tenho recebido, e sobretudo pela presença e força concedida na busca do conhecimento.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Claudio Horst Bruckner, pela orientação segura, pelos ensinamentos contínuos e, principalmente, pela amizade e agradável convívio.

Aos meus conselheiros professores Cosme Damião Cruz e Dalmo Lopes de Siqueira, pelas críticas e pelos valiosos ensinamentos, indispensáveis à realização e ao aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao professor Tuneo Sedyama e a Dra. Waldênia Moura, pela honrosa participação na banca de defesa e pelas sugestões valiosas, que contribuíram para o engrandecimento deste trabalho.

Aos professores da UFV, Luiz Carlos Salomão, Pedro Carneiro, José Eustáquio Carneiro e José Marcelo Soriano, pelas importantes contribuições na minha formação.

Aos companheiros Paulo César, Welison e Leonardo que no decorrer da convivência se tornaram grandes amigos, pela partilha e descontração exercidas na “República Acima da Perfeição”.

Ao meu irmão Giancarlo, que ao longo desta constante luta esteve próximo, sempre demonstrando seu apoio incondicional para a concretização desta vitória.

Ao Maurinho, que, além de primo, comportou-se como um dos alicerces desta formação, e também à sua esposa Heloísa e às meninas (Manuela, Carolina e Mariana).

Aos integrantes do grande Clã Maitan viçosense, pelos momentos em família, os encontros e principalmente as festas.

Aos amigos e colegas do curso de Pós-graduação: Mauro Sérgio, Mário Oda, Edmar, Léo Bhering, Sara Rios, Eliane, Gabriel, Felipe, Thiago, Cássia, Gilmar, Marcelo, Bruno Laviola, Tatiana, Aldo Mauri, Josiane, Cristiane, Giovanni, Cristiano, Fabrício Montanha, Adésio, Cândida, Admilson, Caio, Fábio, Vinícius, Abner, Willian, Marcelo Curitiba, Leandro Torres, Patrick, Gilberto, Marcelo Reis, Leandro Pin, Rafael Colômbia e José Rogério, pela agradável convivência e amizade.

Aos integrantes da família “*Bruckner*”, Américo (e sua esposa Emanuelle), Leonardo, José Osmar, Marcos (Pateta), Sandra, Heloísa, Jacson, Rodrigo, Patrícia, e os estagiários, Luísa, Daniela, Rosana, Maria Rita, Aline, Brenda e Ricardinho, obrigado pelo companheirismo e auxílios prestados.

Aos amigos da fruticultura, Aline Rocha, Danieele, Hérica, Cassiano, Dierlei, Zoraia, Luana, Cícero, Márcio, Hilário e Robson.

Aos funcionários do setor de fruticultura, Carla, Cenira, Márcio, José Roberto, Egídio, Vicente, Sabino, Sobreira, Francisco e Ernesto, por toda ajuda proporcionada.

Aos funcionários do pomar do fundão, Baltazar (General), Luizinho (tratorzinho), Elesbão, Nadir, Sebastião, Bregueti (Cozinheiro), Paulinho, Fernando, Joaquim, José Jorge, Chapeleta e Mascote, pelos momentos de descontração, as festas e toda atenção dispensada.

À Rosemary e Rita de Cássia, secretárias da Genética e Melhoramento, pelas orientações e amizade construída ao longo do curso.

Agradecimento especial à minha família, que mais uma vez esteve presente, dando-me força constante e ensinamentos valiosos para a realização desta etapa.

À Luciana, que comportou-se como uma grande companheira, apesar da distância, e a todos seus familiares, pelos incentivos e momentos de descontração.

A todos que, por um lapso de memória, não tenham sido lembrados, mas que direta ou indiretamente, contribuíram de alguma maneira para a concretização deste trabalho, o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

CARLOS EDUARDO MAGALHÃES DOS SANTOS, filho de Carlos Emílio Martins dos Santos e Maria Aparecida Magalhães dos Santos, nasceu na cidade de Alegre, Espírito Santo, em 05 de agosto de 1980.

Em abril de 1999, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, graduando-se em Agronomia, em novembro de 2003.

Em fevereiro de 2004, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, tendo defendido a dissertação em 09 de fevereiro de 2006.

Em 16 de fevereiro de 2006, iniciou o Curso de Doutorado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, tendo defendido tese em 07 de março de 2008.

ÍNDICE

Página

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. ARTIGO I.....	4
COMPONENTES GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO-ADITIVOS EM CARACTERES DO MARACUJAZEIRO-AZEDO	4
<i>RESUMO</i>	4
<i>ABSTRACT</i>	5
<i>INTRODUÇÃO</i>	6
<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	8
<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	12
<i>CONCLUSÕES</i>	26
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	27
3. ARTIGO II.....	31
ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE MARACUJAZEIRO-AZEDO QUANTO AO VIGOR E RESISTÊNCIA À VERRUGOSE	31
<i>RESUMO</i>	31
<i>ABSTRACT</i>	32
<i>INTRODUÇÃO</i>	33
<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	34
<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	39
<i>CONCLUSÕES</i>	44
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	45
4. ARTIGO III.....	48
REPETIBILIDADE EM CARACTERÍSTICAS DO FRUTO DO MARACUJAZEIRO EM MEDIÇÕES NO 1º ANO DE PRODUÇÃO	48
<i>RESUMO</i>	48
<i>ABSTRACT</i>	49
<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	51
<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	54
<i>CONCLUSÕES</i>	61
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	61
5. ARTIGO IV.....	63
ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FRUTO EM PROGÊNIES DE MARACUJAZEIRO-AZEDO	63
<i>RESUMO</i>	63
<i>ABSTRACT</i>	64
<i>INTRODUÇÃO</i>	65
<i>MATERIAL E MÉTODOS</i>	66
<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	68
ANÁLISE DE VARIÂNCIA.....	68
MASSA FRESCA DO FRUTO.....	68
DIMENSÕES EXTERNAS.....	69
CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS À CASCA DO FRUTO.....	70
CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AO SUCO DO FRUTO.....	72
CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS ÀS SEMENTES DO FRUTO.....	74
CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS.....	76
<i>CONCLUSÕES</i>	80
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	80
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	85

RESUMO

SANTOS, Carlos Eduardo Magalhães dos, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Março de 2008. **CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES E ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO NO MARACUJAZEIRO-AZEDO.** Orientador: Claudio Horst Bruckner. Co-orientadores: Cosme Damião Cruz e Dalmo Lopes de Siqueira.

Objetivou-se avaliar o comportamento heterótico de híbridos, as estratégias de seleção em progênies de maracujazeiro para vigor e resistência à verrugose, estimar o número de medições necessárias (frutos) para promover a seleção de progênies no primeiro ano de produção e determinar as associações entre classes de massa do fruto com diversas características avaliadas. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se doze híbridos F_1 , obtidos segundo o delineamento II de Comstock e Robinson, e setenta e cinco progênies de meios-irmãos. Os resultados evidenciaram que houve efeito de dominância e, portanto, de heterose no primeiro ano de produção nas características massa fresca, massa da polpa, massa da casca e diâmetro equatorial do fruto. No segundo ano de produção, somente a característica diâmetro equatorial do fruto apresentou variância devido aos efeitos de dominância não nula. Observou-se predominância dos efeitos aditivos para número de frutos e massa do fruto. Os valores de herdabilidade obtidos são indicativos da potencialidade da população para fins de melhoramento genético. A população avaliada no presente estudo pode ser inserida em programas de melhoramento genético populacional, com intuito de obter híbridos heteróticos. Foi predito que a seleção combinada promoveu ganhos superiores nas características avaliadas em relação à seleção direta e indireta e aos índices de seleção. Os índices de Pesek & Baker e Mulamba & Mock proporcionaram ganhos preditos satisfatórios, e similares quando-se utilizam pesos econômicos 1 e -3 (Pesek & Baker) e superior a 4 e inferior a 2 (Mulamba & Mock), para vigor e resistência a

verrugose, respectivamente. Há diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas pelo método da ANOVA e pelos métodos multivariados. O método dos componentes principais com base na matriz de covariância sempre apresentou estimativas maiores, principalmente para espessura da casca e comprimento longitudinal do fruto. A realização de 18 medições será suficiente para prever o valor real dos indivíduos com 90% de acurácia no primeiro ano de produção, com relação à massa fresca do fruto, massa de polpa e casca, comprimento longitudinal e diâmetro equatorial. A espessura da casca varia com a massa do fruto, de modo que a avaliação da espessura da casca em frutos de diferentes massas pode provocar equívocos na avaliação de progênies. Houve interação entre as progênies e as classes de massa do fruto nas características massa da casca e massa de sementes do fruto. O diâmetro equatorial do fruto apresentou maior correlação com a massa fresca do fruto, quando comparado ao comprimento longitudinal, indicando a viabilidade de seleção indireta de progênies com maior massa do fruto pela avaliação do diâmetro.

ABSTRACT

SANTOS, Carlos Eduardo Magalhães dos, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2008. **GENETIC CONTROL OF CHARACTERS AND SELECTION STRATEGIES IN THE YELLOW PASSION FRUIT.** Adviser: Claudio Horst Bruckner. Co-Advisers: Cosme Damião Cruz and Dalmo Lopes de Siqueira.

Heterosis in hybrids were evaluated, the selection strategies for plant vigor and scab resistance, the adequate fruit number to be sampled for selection and the association of fruit weight classes with other fruit traits. Twelve F₁ hybrids obtained according to the diallel II design of Comstock and Robinson and half-sib progenies were evaluated at the Department of Plant Science of Universidade Federal de Viçosa (Federal University of Viçosa, Brazil). The results evidenced dominance effects and therefore heterosis in the yield of the first year in the traits of fresh mass, pulp mass, skin mass, and equatorial diameter of the fruit. In the second yield season only the equatorial diameter of the fruit presented variance due to dominance effects. The presence of additive effects was observed for number of fruits and mass of the fruit. The heritability values are an indication of the potentiality of the population for genetic improvement. The evaluated population at the present study can be inserted in popular genetic improvement programs, aiming heterotic hybrids. The combined selection promoted superior expected gains than the direct and indirect selection and the applied selection indexes. The indexes of Pesek & Baker and Mulamba & Mock provided satisfactory and similar expected gains for plant vigor and scab resistance selection when 1 and -3 (Pesek & Baker) or higher than 4 and lower than 2 (Mulamba & Mock) were used as economical weights, respectively. Differences were found among the estimates of the repeatability coefficients obtained by the method of ANOVA and by the multivariate methods. The method of the main components based on the covariance matrix always presented larger estimates, mainly for thickness of

the skin and longitudinal length of the fruit. Eighteen measurements will be enough to predict the individuals' real value of the fresh mass of the fruit, pulp, skin mass, longitudinal length and equatorial diameter with 90% of accuracy in the first year of production. The thickness of the skin varies with the mass of the fruit, so that the evaluation of the skin thickness in fruits with different mass can cause misunderstandings in the evaluations. Interactions were found between the progenies and the classes of mass of the fruit for mass of the skin and mass of the seeds. The equatorial diameter of the fruit presented higher correlation with the fresh mass of the fruit, when compared to the longitudinal length, indicating the viability of indirect selection of progenies with higher fruit mass by evaluation of the fruit diameter.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A fruticultura é um dos setores da economia brasileira que apresenta grande potencial de crescimento em razão da elevada demanda por frutas para consumo “in natura”, polpa e suco tanto no mercado nacional quanto no internacional (COSTA e COSTA, 2005; BRAZILIANFRUIT, 2007). Neste segmento, a cultura do maracujazeiro vem se destacando em função do cenário favorável, no qual o Brasil é o maior produtor e consumidor mundial. Soma-se ainda que indústria brasileira de sucos e polpas vem crescendo em função do aumento no consumo mundial de sucos e ao fato de o maracujá estar entre as nove principais fruteiras cultivadas no país (FERNANDES, 2006).

O maracujazeiro, pertencente ao gênero *Passiflora*, é originário da América Tropical, com mais de 150 espécies nativas do Brasil. De todas as espécies, o maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é a mais importante, representando 95 % dos pomares comerciais, sendo também a mais cultivada no mundo (MANICA et al., 1991; SOUZA e MELETTI, 1997). Entretanto, apesar de o maracujazeiro ter sido incorporado ao rol das culturas de valor comercial nas últimas décadas, devem-se intensificar os trabalhos de melhoramento genético (BRUCKNER et al., 2002). Para o estabelecimento desses trabalhos, é de fundamental importância investigar a estrutura genética de populações cultivadas, para a identificação de progenitores promissores, e geração de híbridos suficientemente heteróticos para a conseqüente obtenção de segregantes superiores e, com base em tal informação, estabelecer programas de melhoramento genético para essa cultura (NEVES, 2006).

A estimação de parâmetros genéticos populacionais é fundamental na tomada de decisão acerca da alocação de recursos de um programa de melhoramento e na determinação do ganho esperado com a seleção (FURTADO, 1996).

Há relatos sobre vários tipos de estratégias que podem ser utilizados para a estimação de parâmetros genéticos em populações, objetivando-se a maximização dos ganhos de seleção. Todas elas incluem progênies de indivíduos cujo relacionamento de parentesco é conhecido, de modo que a covariância entre eles é expressa em função de componentes de variância genética. Dentre estas, pode-se destacar o delineamento genético II, proposto por COMSTOCK e ROBINSON (1948). Esta metodologia baseia-se, de modo geral, na formação inicial de progênies de irmãos completos e meio-irmãos, por intermédio de polinização controlada. Tal delineamento é apropriado para a estimação dos componentes genéticos de variância nas populações em estudo, além de outros conhecimentos relacionados aos ganhos por seleção (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988).

Quando a seleção tem por base vários caracteres, estes podem ser considerados simultaneamente. O índice de seleção é estabelecido com base em um conjunto de caracteres e têm por finalidade classificar os genótipos de acordo com os objetivos do programa de melhoramento, em conformidade com o critério adotado. A partir disso, serão classificados e selecionados os genótipos ditos promissores. O índice de seleção pode estabelecer uma combinação ótima de vários caracteres (CRUZ, 1990 e CRUZ et al., 2004).

No caso específico da cultura do maracujazeiro-azedo, essa avaliação pode ser de grande valia, pois possibilita seleção eficiente e direcionada para frutos destinados ao mercado de fruta fresca e ou para a indústria de suco. No melhoramento do maracujazeiro, além da produtividade, é necessário avaliar vários caracteres relacionados à qualidade dos frutos. Essas avaliações são em muitos casos bastante trabalhosas, de modo que o estudo de correlações é de grande importância, pois auxilia na escolha dos procedimentos mais adequados à condução e continuidade de um programa de melhoramento.

O estudo de correlações possibilita a predição dos efeitos em uma determinada característica quando outra correlacionada a ela for manipulada por processos seletivos. Desse modo, permite estabelecer a viabilidade de realizar seleção em característica de fácil mensuração, visando obter ganhos em outra, de difícil avaliação ou de baixa herdabilidade (CRUZ et al., 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (ed.) **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p. 373-409.

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, North Caroline, v. 4, p. 254-266. 1948.

COSTA, A. F. S. da; COSTA, A. N. da. Pólo de maracujá no Estado do Espírito Santo: importância sócio-econômica e potencialidades. In: COSTA, A. F. S. da; COSTA, A. N. da. **Tecnologias para produção de maracujá**. Vitória: INCAPER, 2005, p. 13-20.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1990.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

BRAZILIANFRUIT- Programa de promoção das exportações de frutas brasileiras e derivados. **Perfil das Exportações**. Disponível em: <http://www.brazilianfruit.org.br>. Acesso em: 28 de nov. 2007.

FERNANDES, M. S. Perspectivas de mercado da fruta brasileira. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2006, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio, RJ, 2006. p. 4-12.

FURTADO, M. R. **Alternativas de seleção no delineamento I de Comstock e Robinson, em milho**. 1996. 94 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 468 p. 1988.

NEVES, L. G. **Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

2. ARTIGO I

COMPONENTES GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO-ADITIVOS EM CARACTERES DO MARACUJAZEIRO-AZEDO

RESUMO

Objetivou, neste trabalho, estudar o comportamento heterótico do maracujazeiro, na intenção de determinar a ocorrência de efeitos genéticos dominantes em híbridos F_1 obtidos entre duas populações distintas, pelo delineamento II de Comstock e Robinson (1948). O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se doze híbridos F_1 , obtidos segundo o delineamento II de Comstock e Robinson, onde foram cruzados 3 genitores masculinos com um grupo formado por 4 fêmeas. Avaliou-se o número de frutos por planta, a produção estimada, massa do fruto, massa da casca, massa da polpa, comprimento longitudinal, diâmetro equatorial, espessura da casca, teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e a coloração da polpa. As avaliações foram realizadas com a produção colhida durante o primeiro ano (safrinha) e o segundo ano (1ª safra), sendo analisados os dois anos. A produção do biênio 2004/2005 foi estimada a partir do número total de frutos (somatório dos dois anos) multiplicado pela massa média dos frutos. Houve efeito de dominância e, portanto, de heterose no primeiro ano de produção, nas características massa fresca, massa da polpa, massa da casca e diâmetro equatorial do fruto. No segundo ano de produção, somente a característica diâmetro equatorial do fruto apresentou variância devido aos efeitos de dominância não nula. Observou-se predominância dos efeitos aditivos para número de frutos e massa do fruto. Os valores de herdabilidade obtidos são indicativos da potencialidade da população para fins de melhoramento genético. A população avaliada no presente estudo pode ser inserida

em programas de melhoramento genético populacional, com intuito de obter híbridos heteróticos.

Termos para indexação: *Passiflora edulis*, genética quantitativa, heterose

ADDICTIVE AND NO-ADDICTIVE GENETICS COMPONENTS IN CHARACTERS OF THE PASSION FRUIT

ABSTRACT

Heterosis was studied in passion fruit hybrids in order to verify the presence of dominant genetic effects. The F₁ hybrids were obtained among two populations according to the diallel II design of Comstock and Robinson at the Department of Plant Science of Universidade Federal de Viçosa, Brazil (Federal University of Viçosa). The crosses were made among three male and four female parents, each group from a population. There were evaluated number of fruits per plant, estimated yield per plant, mass of the fruit, mass of the skin, mass of the pulp, longitudinal length, equatorial diameter, thickness of the skin, total soluble solids content, total titratable acidity and the coloration of the pulp. The data was collected during the first and the second year, being analyzed both years. The production of the two years (2004/2005) was estimated from the total number of fruits multiplied by the medium mass of the fruits. There were dominant effects and, therefore, heterosis in the first year for fresh mass, mass of the pulp, mass of the skin and equatorial diameter of the fruit. On the second year, only the trait equatorial diameter of the fruit presented variance due to dominance effect. Predominance of the addictive effects was observed for number of fruits and mass of the fruit. The obtained heritability indicates the potentiality of the populations for genetic improvement. The hybrid population studied is considered useful for population genetic improvement aiming the gaining of heterotic hybrids.

Index terms: *Passiflora edulis*, quantitative genetics, heterosis

INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae apresenta um número expressivo de espécies, sendo o gênero *Passiflora* constituído por cerca de 530 espécies tropicais e subtropicais, das quais 150 são nativas do Brasil e cerca de 60 podem ser utilizadas na alimentação humana (OLIVEIRA et al., 1994).

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*) é a principal espécie cultivada no Brasil (BRUCKNER et al., 2002), destacando-se o país como o primeiro produtor mundial de maracujá, apresentando no ano de 2004, uma produção de 491.619 t, com rendimento médio de 13.441 kg/ha (IBGE, 2007). Entretanto, em pomares onde se aliam tecnologias de produção e a utilização de sementes melhoradas geneticamente, a produtividade tem alcançado até 50 t/ha/ano (MELETTI et al., 2005)

Nos programas de melhoramento do maracujazeiro, os principais aspectos estudados são: o aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos frutos e, resistência a pragas e doenças (BRUCKNER et al., 2002).

O maracujazeiro é uma planta alógama por excelência, reforçada pela auto-incompatibilidade do tipo homomórfica e esporofítica (BRUCKNER et al., 1995), expressando elevada variabilidade genética, e esta alogamia favorece o emprego de vários métodos de melhoramento, objetivando o aumento da frequência de alelos favoráveis ou a exploração do vigor híbrido ou heterose (BRUCKNER et al., 2005). Entretanto, para que esta variabilidade possa ser utilizada com maior eficiência, é necessário o conhecimento das relações genéticas entre os genótipos que podem ser cruzados, em razão de que esse conhecimento serve de base para a tomada de decisões na escolha das melhores combinações genéticas (JUNG et al., 2007).

O termo “heterose” foi descrito primeiramente por Shull e fazia referência a um incremento no vigor, no tamanho, na frutificação, na velocidade de desenvolvimento, na resistência às doenças, insetos e as variações climáticas. Desta forma, a heterose,

ou vigor híbrido, é a medida da superioridade do F_1 em relação à média de seus pais (SHULL, 1908 citado por COIMBRA et al., 2006).

A heterose foi explorada primeiramente em 1930 com a produção de híbridos de milho em escala comercial, estimulando assim um amplo debate, por mais de 80 anos, sobre a base genética que governa a heterose, ainda não estando totalmente esclarecido qual o efeito genético maior que governa a heterose (XIAO et al., 1995).

A escolha de genitores apenas com base em caracteres desejáveis (desempenho por si só) é insuficiente para assegurar a obtenção de híbridos heteróticos e de progênies com elevada frequência de segregantes transgressivos. Consequentemente, qualquer progresso genético que ocorra em progênies provenientes de cruzamentos entre genitores escolhidos com base apenas no fenótipo poderá ser aleatório e de difícil repetibilidade (JUNG et al., 2007).

A presença e a magnitude da heterose evidenciam perspectivas promissoras para a produção de cultivares híbridas. Além disso, o conhecimento do comportamento dos híbridos F_1 em relação aos seus genitores permite ao melhorista escolher as melhores combinações genéticas para o caráter considerado (MIRANDA, 1987).

No melhoramento de plantas, o conhecimento da natureza do controle genético de um caráter é de grande importância para a condução eficiente de um programa de melhoramento, orientando na escolha do melhor procedimento de seleção e dos métodos de melhoramento mais eficientes na condução das populações segregantes (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992; RAMALHO et al., 1993).

Entre as metodologias empregadas na seleção de genitores em programas de melhoramento genético, estão os delineamentos genéticos de Comstock & Robinson I e II e as análises dialélicas, as quais informam a respeito do potencial dos genitores quando em combinações híbridas, da ação gênica que controla os caracteres e da existência de heterose, proporcionando grandes avanços com a seleção (RAMALHO et al., 1993; CRUZ, 2005).

O delineamento genético II, proposto por COMSTOCK e ROBINSON (1948), baseia-se, de forma geral, na formação inicial de progênies de irmãos completos e meio-irmãos por intermédio de polinização controlada entre um grupo de genitores

considerados como masculinos e um grupo de genitores femininos. Tal delineamento é apropriado para a estimação dos componentes genéticos de variância nas populações de estudo, além de outros estudos relacionados a ganhos por seleção (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988). Entretanto, as estimativas de parâmetros genéticos não devem ser extrapoladas para outras populações ou outras condições experimentais, pois são características próprias da população em estudo (VIANA e GONÇALVES, 2005).

Dessa forma, objetivou-se, neste trabalho, um estudo sobre a previsão do comportamento heterótico em maracujazeiro-azedo, por meio da determinação da ocorrência de efeitos genéticos aditivos e dominantes em híbridos F_1 conforme o delineamento II de COMSTOCK e ROBINSON (1948). Também foi avaliado o potencial da população para fins de melhoramento intrapopulacional.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se doze híbridos F_1 , obtidos pela metodologia do delineamento II de Comstock e Robinson, em que foram cruzados 3 pais distintos com um grupo formado por 4 fêmeas (Tabela 1). O grupo de machos constituiu-se de três progênes selecionadas quanto à produtividade e qualidade dos frutos em lavoura comercial no município de Jacinto Machado, SC. Como fêmeas foram usadas progênes selecionadas com as mesmas finalidades em lavoura comercial no município de Guiricema, MG.

Tabela 1 – Relação dos híbridos F_1 de maracujazeiro-azedo obtidos pelo cruzamento entre um grupo de machos e fêmeas, conforme o delineamento II de Comstock e Robinson

Genitores	Machos		
	1 (14.5)	2 (14.6)	3 (14.7)
Fêmeas	Híbridos F_1		
1 (34.2) ¹	11	21	31
2 (34.5)	12	22	32
3 (34.7)	13	23	33
4 (34.9)	14	24	34

¹Código da família.

Os cruzamentos foram realizados manualmente, cobrindo-se na parte da manhã as flores que estavam propícias a se abrirem na parte da tarde do mesmo dia, em ambos os genitores. No período da tarde, foram realizados os cruzamentos, coletando-se pólen das anteras das flores das plantas escolhidas como machos, com auxílio de cotonetes. Estes cotonetes com pólen foram em seguida usados para polinizar as flores dos indivíduos escolhidos como fêmeas, após retirado o saco de papel que as cobria. Posteriormente, o cotonete foi descartado e o saco de papel recolocado, contendo a identificação do cruzamento, conforme procedimento descrito por BRUCKNER & OTONI (1999). Com o pólen de cada genitor masculino foram polinizadas 10 flores do genitor feminino, totalizando 30 flores. Após sete dias da realização dos cruzamentos, foi verificado o pegamento, e aos 30 dias foi colocada uma rede de náilon, de modo a evitar a queda do fruto da planta, e a perda conseqüente de sua identificação. Em torno de 65 a 90 dias, após a realização dos cruzamentos, quando os frutos apresentavam mais de 30% da superfície de coloração amarelada, estes foram colhidos, retirando-se as sementes.

De posse das sementes, estas foram colocadas a germinar em sacos plásticos com 0,35 litros de substrato comercial Plantmax HF[®], sendo utilizadas 2 sementes por recipiente, e realizadas regas diárias. Quando as mudas começaram a emitir a primeira gavinha (março/2004), foram plantadas a campo, utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com 3 repetições e 4 plantas por parcela. O espaçamento utilizado foi de 3,5 m entre fileiras e 4,0 m entre plantas. A condução das plantas foi feita em espaldeira vertical com 1,80 m de altura em fio galvanizado número 12. Foram realizados todos os tratamentos culturais normalmente recomendados à cultura.

As avaliações foram realizadas com a produção colhida durante o primeiro ano (safrinha) e segundo ano (1^a safra), sendo analisados os dois anos. Foi feito somatório do número de fruto dos dois anos e a média das demais características. A produção do biênio 2004/2005 foi estimada a partir do número total de frutos (somatório dos dois anos) multiplicado pela massa média dos frutos.

A colheita dos frutos foi realizada no estádio em que apresentavam mais que 30% da superfície da casca na coloração amarelada (CEAGESP, 2001). Foi obtida amostra de 10 frutos de cada planta, os quais foram identificados e encaminhados para o Laboratório de Análise de Frutas do Departamento de Fitotecnia. Mensuraram-se as seguintes características: número de frutos por planta (NF), obtido pela contagem dos frutos durante o primeiro pico de produção do 1º ano (dezembro/2004) e a produção da planta no 2º ano (janeiro a agosto/2006); produção estimada (PE), em kg/planta, estimada pelo produto dos valores da massa média do fruto pelo número de frutos por planta; massa média do fruto (MF), obtida pela pesagem de frutos com auxílio de uma balança digital e a leitura expressa em gramas (g); massa média da casca (MC), obtida com a pesagem da casca de frutos em balança digital e a leitura expressa em gramas (g); massa média da polpa (MP), obtida pela diferença entre a massa do fruto e massa da casca ($MP = MF - MC$); comprimento médio do fruto (CF), medindo-se o eixo longitudinal do fruto com o uso de paquímetro digital e a leitura expressa em milímetros (mm); diâmetro médio do fruto (DF), obtido pela medição na região equatorial do fruto com o uso de paquímetro digital e a leitura expressa em milímetros (mm); espessura média da casca (EC), medida na porção mediana dos frutos cortados, com o auxílio de um paquímetro digital e a leitura expressa em milímetros (mm); teor médio de sólidos solúveis totais (SST), determinado por refratometria, utilizando-se refratômetro digital portátil, com leitura na faixa de 0º a 32º Brix, após a extração de uma alíquota do suco de cada fruto; acidez total titulável média (ATT), determinada de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (1990) e modificada por ARAÚJO (2001), com o auxílio de bureta digital, e os resultados expressos em grama equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco; e coloração da polpa (CP), através de escala com notas de 1 a 6, variando a intensidade de cor do branco amarelado para o laranja, respectivamente, semelhante a utilizada por LINHALES (2007).

Foram realizadas análises de variância de cada uma das características avaliadas, utilizando o programa GENES, Genética e Estatística, versão 2007, de acordo com CRUZ (2001). O modelo foi estabelecido com todos os efeitos aleatórios, conforme descrito a seguir: $Y_{ijk} = \mu + M_i + F_j + MF_{ij} + B_k + \varepsilon_{ijk}$

Y_{ijk} = observação relativa ao cruzamento entre o macho i e fêmea j ,

μ = media geral,

M_i = efeito relativo ao genitor masculino (macho) de ordem i ,

F_j = efeito relativo ao genitor feminino (fêmea) de ordem j ,

MF_{ij} = efeito da interação entre o genitor masculino (macho) de ordem i e o genitor feminino (fêmea) de ordem j ,

B_k = efeito da repetição de ordem k ,

ε_{ijk} = erro experimental.

Para se estimar os componentes de variância genotípica, variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e variância genética devida aos desvios da dominância ($\hat{\sigma}_D^2$), entre os indivíduos de uma população, expressam-se os componentes de variância associados aos efeitos de natureza aleatória do modelo estatístico, variância entre genitores masculinos ($\hat{\sigma}_m^2$), variância entre genitores femininos ($\hat{\sigma}_f^2$) e a variância da interação entre os genitores masculinos e femininos ($\hat{\sigma}_{mf}^2$), em função de $\hat{\sigma}_A^2$ e de $\hat{\sigma}_D^2$. E assim, obtiveram-se as estimativas desses parâmetros a partir de equações que envolvem os quadrados médios da análise de variância.

As variâncias associadas aos efeitos de natureza aleatória do modelo estatístico, efeito dos genitores masculinos, efeitos de genitores femininos e efeito da interação entre genitores masculinos e femininos, foram estimadas por:

$$\hat{\sigma}_m^2 = \frac{QMM - QMI}{nf},$$

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMF - QMI}{nm}, \text{ e}$$

$$\hat{\sigma}_{mf}^2 = \frac{QMI - QMR}{n}.$$

Em que:

QMM = é o quadrado médio devido ao efeito do genitor masculino,

QMF = é o quadrado médio devido ao efeito do genitor feminino,

QMI = é o quadrado médio devido a interação entre os genitores masculinos e femininos,

QMR = é o quadrado médio do resíduo, e

n = número de blocos (repetições).

As expressões para cálculo dos componentes de variância genético foram:

$$\hat{\sigma}_A^2 = 2 \left(\hat{\sigma}_m^2 + \hat{\sigma}_f^2 \right) \text{ e, } \hat{\sigma}_D^2 = 4 \hat{\sigma}_{mf}^2$$

Estes componentes de variância genética dizem respeito à variabilidade entre indivíduos da população de referência. As variâncias genéticas entre médias de progênes também podem ser desdobradas em componente atribuído aos efeitos médios dos genes e outro atribuído aos desvios médios de dominância.

As herdabilidades foram calculadas pelas seguintes expressões:

$$\text{Herdabilidade em nível de macho: } h_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_m^2}{(\text{QMM}/nf)},$$

$$\text{Herdabilidade em nível de fêmea: } h_f^2 = \frac{\hat{\sigma}_f^2}{(\text{QMF}/nm)},$$

Herdabilidade dos indivíduos resultantes do cruzamento entre machos e

$$\text{fêmeas: } h_{mf}^2 = \frac{2 \left(\hat{\sigma}_m^2 + \hat{\sigma}_f^2 \right)}{\hat{\sigma}_m^2 + \hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_{mf}^2 + \hat{\sigma}^2}.$$

Os dados originais da coloração da polpa foram transformados para $\sqrt{x+0.5}$, apresentando-se as médias originais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Havendo heterose, quanto se promove o cruzamento entre genótipos contrastantes, espera-se que a progênie resultante seja superior à média dos pais, e que a análise de variância apresente significância para o valor do híbrido. Entretanto, de acordo com os resultados obtidos, observou-se que não houve significância na análise

dos híbridos avaliados para todas as características no 1º e 2º ano de produção e na produção do biênio 2004/2005 (Tabelas 2, 3 e 4).

Presume-se, que não há diferenças nas composições gênicas das populações de maracujá utilizadas, pois de acordo com as observações de MIRANDA FILHO & VENCOVSKY (1984), em milho, os maiores valores heteróticos estão associados à maior diversidade genética.

VENCOVSKY (1970) cita que, quando a heterose é significativa, a variância das freqüências gênicas entre os genitores é suficientemente grande em pelo menos parte dos locos com dominância, e os genitores nessas condições são divergentes quanto a esses locos.

A média do número de frutos produzidos no primeiro ano de produção (56,38) foi baixa em relação ao do segundo ano (91,25), em decorrência das plantas ainda estarem em formação (Tabelas 2 e 3). Porém, a massa média dos frutos comportou-se de forma contrária, no decorrer dos dois ciclos de produção, reduzindo-se do primeiro para o segundo ano de produção. Esta redução está associada ao aumento no número de frutos, resultando em efeito de competição por água, nutrientes e os produtos da fotossíntese, promovendo redução da massa fresca. Todavia, na média entre os 2 ciclos de produção a massa do fruto foi de 208,04g (Tabela 4), superior à massa fresca encontrada por outros autores (NEVES, 2006; NEGREIROS, 2006), que trabalharam com seleção visando aumento da massa fresca do fruto. Elevação do número de frutos no segundo ano e conseqüente redução da massa do fruto também foram constatadas por PIMENTEL (2007), com dados obtidos em Londrina, PR.

TABELA 2 – Resumo da análise de variância das características avaliadas em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no 1º ano de produção

F.V.	G.L	Quadrado Médio das Variáveis				
		NF	MF	PROD	MP	MC
Blocos	2	148,246	270,445	0,059	170,815	53,576
Machos (M)	2	778,950 ^{ns}	1287,186 ^{ns}	31,426 ^{ns}	593,027 ^{ns}	176,587 ^{ns}
Fêmeas (F)	3	5523,203 ^{**}	1321,237 ^{ns}	271,964 ^{**}	149,447 ^{ns}	616,332 ^{ns}
M x F	6	531,943 ^{ns}	1088,954 ^{ns}	15,431 ^{ns}	381,652 ^{ns}	278,605 ^{ns}
Resíduo	22	1085,6657	728,444	45,602	285,599	140,965
Média		56,38	217,04	11,409	98,83	118,78
CV (%)		58,44	12,43	59,18	17,09	9,99

F.V.	G.L	CF	DF	EC	SST	ATT	COR
Blocos	2	18,138	3,640	3,327	4,214	0,270	0,004
Machos (M)	2	74,620 ^{**}	8,909 ^{ns}	0,154 ^{ns}	0,325 ^{ns}	0,196 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Fêmeas (F)	3	273,197 ^{**}	35,086 ^{ns}	0,148 ^{ns}	10,456 ^{**}	0,365 [*]	0,007 ^{ns}
M x F	6	4,207 ^{ns}	13,678 ^{ns}	0,320 ^{ns}	0,783 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Resíduo	22	14,967	8,714	0,323	0,926	0,177	0,006
Média		91,25	78,71	4,81	13,92	2,91	4,62
CV (%)		4,24	3,75	11,82	6,91	14,40	7,61

^{**}, ^{*} Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

O teor de sólidos solúveis e a acidez total titulável aumentaram do primeiro para o segundo ano de produção, de 13,92°Brix para 14,58°Brix e de 2,91% para 3,72% de ácido cítrico, respectivamente, aumentos estes não tanto expressivos. Os valores médios observados na produção do biênio 2004/2005, foram 14,25°Brix e 3,32% de ácido cítrico, estando estes bem próximos aos obtidos por NEVES (2006) para as mesmas características em uma população com 113 famílias.

TABELA 3 – Resumo da análise de variância das características avaliadas em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no 2º ano de produção

F.V.	G.L	Variáveis				
		NF	MF	PROD	MP	MC
		Quadrado Médio				
Blocos	2	2746,017	106,390	79,815	151,675	31,482
Machos (M)	2	615,224 ^{ns}	1437,304*	37,701 ^{ns}	645,692**	205,122 ^{ns}
Fêmeas (F)	3	2847,595 ^{ns}	7217,223**	185,970*	2386,328**	1658,663**
M x F	6	729,881 ^{ns}	210,364 ^{ns}	35,206 ^{ns}	61,014 ^{ns}	85,332 ^{ns}
Resíduo	22	1011,476	814,974	54,533	270,764	197,032
Média		85,93	199,04	18,00	86,20	112,75
CV (%)		37,01	14,34	41,01	19,08	12,44

F.V.	G.L	CF	DF	EC	SST	ATT	COR
Blocos	2	33,177	17,160	0,403	0,717	0,117	0,067
Machos (M)	2	82,175 ^{ns}	61,267 ^{ns}	0,856 ^{ns}	6,608 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,047 ^{ns}
Fêmeas (F)	3	473,944**	111,453 ^{ns}	0,446 ^{ns}	1,219 ^{ns}	0,113 ^{ns}	0,090 ^{ns}
M x F	6	37,161 ^{ns}	27,221 ^{ns}	0,655 ^{ns}	2,008 ^{ns}	0,109 ^{ns}	0,060 ^{ns}
Resíduo	22	48,079	25,451	0,705	2,388	0,132	0,058
Média		87,83	77,13	4,41	14,58	3,72	4,50
CV (%)		7,89	6,54	19,02	10,59	9,77	16,77

**, * Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

TABELA 4 – Resumo da análise de variância das características avaliadas em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no biênio 2004/2005

F.V.	G.L	Variáveis				
		NF	MF	PROD	MP	MC
		Quadrado Médio				
Blocos	2	1729,232	112,991	75,627	111,923	7,075
Machos (M)	2	70,724 ^{ns}	1240,669 ^{ns}	10,697 ^{ns}	613,930*	123,416 ^{ns}
Fêmeas (F)	3	16271,728**	3422,607**	894,466**	880,986**	1050,534**
M x F	6	1786,837 ^{ns}	310,947 ^{ns}	79,580 ^{ns}	111,070 ^{ns}	67,814 ^{ns}
Resíduo	22	2568,521	456,044	122,533	173,370	91,541
Média		142,31	208,04	29,41	92,52	115,76
CV (%)		35,61	10,26	37,63	14,23	8,26

F.V.	G.L	CF	DF	EC	SST	ATT	COR
Blocos	2	21,526	8,496	1,430	0,367	0,01	0,009
Machos (M)	2	71,326*	27,747 ^{ns}	0,144 ^{ns}	1,278 ^{ns}	0,127*	0,008 ^{ns}
Fêmeas (F)	3	362,218**	57,589*	0,243 ^{ns}	3,773**	0,062 ^{ns}	0,034 ^{ns}
M x F	6	10,669 ^{ns}	8,037 ^{ns}	0,264 ^{ns}	0,347 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,013 ^{ns}
Resíduo	22	21,300	9,711	0,242	0,895	0,085	0,018
Média		89,54	77,92	4,61	14,25	3,32	4,56
CV (%)		5,15	3,99	10,67	6,63	8,78	10,06

**, * Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

Informações sobre o controle genético de características relacionadas com a produção e qualidade dos frutos do maracujazeiro são de interesse dos melhoristas que buscam o ideótipo, entretanto, são escassos os trabalhos visando elucidar o comportamento genético de diversos caracteres no maracujazeiro.

A heterose, predita pela variância devido aos efeitos de dominância no primeiro ano de produção, deve ocorrer somente em relação às características massa fresca, massa da polpa, massa da casca e diâmetro equatorial do fruto, tendo as demais características apresentando valores negativos, ou seja, não foi constatado efeito de dominância (Tabela 5). Porém, no segundo ano de produção somente a característica diâmetro equatorial do fruto apresentou variância positiva devido aos efeitos de dominância (Tabela 6).

A possível ocorrência de heterose nas características massa fresca do fruto, massa da polpa e massa da casca, importante para a produção de frutos maiores e mais valorizados apenas no primeiro e não no segundo ano de produção, pode ser explicada pela redução dos valores médios do primeiro para o segundo ano de produção, em decorrência do aumento no número de frutos e maior partição de assimilados pelos frutos.

Portanto, a manifestação da heterose no primeiro ano é de grande interesse, pois a produção precoce possibilita retorno mais rápido do capital investido, principalmente se for considerado que a maior proporção desta abastece o mercado de fruta fresca, cujos preços tendem a ser mais elevados do que os praticados na indústria. MELETTI et al. (2000) relatam que frutos de melhor qualidade são remunerados a preços significativamente superiores, chegando a ser 150% maiores que o obtido com a comercialização para indústria, em determinadas épocas.

Por outro lado, a falta de constatação da heterose no segundo ano e no conjunto da produção pode ser consequência do material genético estudado, sendo importante aprofundar os estudos no melhoramento da população.

MOREIRA JÚNIOR (1995) descreve que, em milho, os altos valores heteróticos são em decorrência das populações que originaram as linhagens formadoras do híbrido já encontrarem-se em processo de melhoramento, as quais apresentavam altas frequências de alelos desejáveis, daí a substancial heterose proporcionada quando cruzadas.

Assim, programas de melhoramento genético de milho concentram esforços nas combinações entre os materiais mais divergentes e em processo de melhoramento, com intuito de obter materiais mais promissores, diminuindo os gastos e o tempo necessário para a realização de várias combinações híbridas, muitas vezes desnecessárias (RINALDI et al., 2007).

VIANA & GONÇALVES (2005) não observaram heterose para a massa fresca do fruto em híbridos avaliados segundo o Delineamento I de COMSTOCK e ROBINSON (1948), mas averiguaram efeito de dominância para as características número de frutos, comprimento longitudinal, diâmetro equatorial do fruto, e espessura de casca, diferentemente do presente estudo, em que somente a característica

espessura da casca apresentou efeito de heterose atribuída aos desvios de dominância, reforçando a afirmação feita por esses autores, de que não se podem extrapolar as conclusões para outras populações.

TABELA 5 – Estimativa de componentes de variância das características do fruto em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no 1º ano de produção

Característica	Componentes de Variância ¹				
	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{mf}^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$
NF	20,583	554,584	-184,574	1150,336	-738,296
MF	16,519	25,809	120,170	84,657	480,679
PROD	1,332	28,503	-10,056	59,672	-40,227
MP	17,614	-25,800	32,018	-16,372	128,071
MC	-8,501	37,525	45,880	58,047	183,520
CF	5,867	29,887	-3,589	71,511	-14,359
DF	-0,397	2,378	1,654	3,962	6,619
EC	-0,013	-0,019	-0,001	-0,065	-0,004
SST	-0,038	1,074	-0,047	2,073	-0,190
ATT	0,011	0,034	-0,040	0,092	-0,160
COR	0,000	0,000	-0,000	0,001	-0,003

$\hat{\sigma}_m^2$, $\hat{\sigma}_f^2$ e $\hat{\sigma}_{mf}^2$: componentes de variâncias associados ao efeito dos genitores masculinos, genitores femininos e efeito da interação entre genitores masculinos e femininos, respectivamente; $\hat{\sigma}_A^2$: componente de variância genético aditivo e $\hat{\sigma}_D^2$: componente de variância devido aos efeitos de dominância.

NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

¹Valores negativos devem ser considerados como estimativas do valor real zero.

Analisando a Tabela 5, referente ao primeiro ano de produção, pode-se verificar que $\hat{\sigma}_{mf}^2$ apresentou valores negativos para as características NF, PROD, CF, EC, SST, ATT e COR. Conseqüentemente, para essas características considera-se não haver σ_D^2 , ou seja, foram obtidas estimativas negativas, consideradas nulas. Do mesmo modo, analisando-se a Tabela 6, referente ao segundo ano de produção, observaram-se valores negativos para todas as características, exceto diâmetro equatorial do fruto. Considerando os dois anos em conjunto, foram obtidos valores negativos para todas as características, exceto espessura de casca (Tabela 7).

TABELA 6 – Estimativa de componentes de variância das características do fruto em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no 2º ano de produção

Característica	Componentes de Variância ¹				
	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{mf}^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$
NF	-9,554	235,301	-93,864	451,493	-375,458
MF	102,245	778,539	-201,536	1761,569	-806,145
PROD	0,207	16,751	-6,442	33,918	-25,768
MP	48,723	258,368	-69,916	614,182	-279,667
MC	9,982	174,814	-37,233	369,594	-148,933
CF	3,751	48,531	-3,639	104,565	-14,557
DF	2,837	9,359	0,590	24,392	2,359
EC	0,016	-0,023	-0,016	-0,012	-0,066
SST	0,383	-0,087	-0,126	0,591	-0,505
ATT	-0,002	0,000	-0,007	-0,005	-0,030
COR	-0,001	0,003	0,000	0,004	0,002

$\hat{\sigma}_m^2$, $\hat{\sigma}_f^2$ e $\hat{\sigma}_{mf}^2$: componentes de variâncias associados ao efeito dos genitores masculinos, genitores femininos e efeito da interação entre genitores masculinos e femininos, respectivamente; $\hat{\sigma}_A^2$: componente de variância genético aditivo e $\hat{\sigma}_D^2$: componente de variância devido aos efeitos de dominância.

NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

¹Valores negativos devem ser considerados como estimativas do valor real zero.

Nas tabelas 5, 6 e 7 estão apresentadas às variâncias obtidas em relação ao genitor masculino ($\hat{\sigma}_m^2$) e ao genitor feminino ($\hat{\sigma}_f^2$), sendo estas utilizadas na obtenção das demais variâncias.

No primeiro ano, conforme observado na Tabela 5, a característica que teve o maior destaque com relação a $\hat{\sigma}_A^2$ foi número de frutos, seguida de massa do fruto. No segundo ano, destacaram-se as características massa do fruto, massa da polpa e número de frutos (Tabela 6). Na produção do biênio 2004/2005 (Tabela 7), as características número de frutos e massa do fruto apresentaram valores expressivos quanto à variância aditiva. Os efeitos aditivos mostraram ser os preponderantes no controle genético do número de frutos e massa do fruto. Porém, as características espessura da casca, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e coloração da polpa apresentaram baixos valores ou nulos, evidenciando a dificuldade de progresso

genético para estas características quando a população for submetida a sucessivos ciclos de seleção.

A variância genética aditiva tem sido um dos principais componentes genéticos utilizados pelos melhoristas de plantas para obtenção de parâmetros genéticos que possibilitam ampliar os conhecimentos sobre os caracteres sob seleção e determinar a escolha da melhor metodologia de seleção a ser aplicada, promovendo-se progressos do programa de melhoramento. A variância aditiva é a medida da causa de semelhança entre parentes e, por conseguinte, o determinante das propriedades genéticas da população e da reposta da população à seleção. Essa variância pode ser definida como sendo o dobro da variabilidade gamética, cujos efeitos são expressos pelos efeitos alélicos aditivos (FALCONER e MACKAY, 1996 e CRUZ, 2005).

TABELA 7 – Estimativa de componentes de variância das características do fruto em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no biênio 2004/2005

Característica	Componentes de Variância ¹				
	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{mf}^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$
NF	-143,009	1609,423	-260,561	2932,845	-1042,245
MF	77,476	345,739	-48,365	846,433	-193,462
PROD	-5,740	90,542	-14,317	169,605	-57,270
MP	41,905	85,562	-20,766	254,902	-83,065
MC	4,633	109,191	-7,909	227,649	-31,636
CF	5,054	39,061	-3,543	88,231	-14,175
DF	1,642	5,505	-0,557	14,296	-2,231
EC	-0,010	-0,002	0,007	-0,024	0,029
SST	0,077	0,380	-0,182	0,916	-0,730
ATT	0,009	0,004	-0,022	0,028	-0,088
COR	-0,000	0,002	-0,001	0,003	-0,006

$\hat{\sigma}_m^2$, $\hat{\sigma}_f^2$ e $\hat{\sigma}_{mf}^2$: componentes de variâncias associados ao efeito dos genitores masculinos, genitores femininos e efeito da interação entre genitores masculinos e femininos, respectivamente; $\hat{\sigma}_A^2$: componente de variância genético aditivo e $\hat{\sigma}_D^2$: componente de variância devido aos efeitos de dominância.

NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

¹Valores negativos devem ser considerados como estimativas do valor real zero.

Observaram-se diferentes magnitudes de valores de herdabilidade do indivíduo no 1º e 2º ano de produção, evidenciando que a melhoria de certas características de um ciclo de seleção para o outro são favorecidas pelos altos valores de herdabilidade. Entretanto, há características em que valores baixos ou nulos dificultam a melhoria ao longo dos ciclos de seleção.

Os valores dos coeficientes de herdabilidade mais elevados foram obtidos para a característica comprimento longitudinal do fruto, obtido no primeiro ano de produção (Tabela 8), porém, no segundo ano de produção, esta observação não se repetiu, quando a característica que apresentou os maiores valores foi à massa da polpa do fruto (Tabela 9). O comprimento do fruto apresentou coeficientes de herdabilidade elevados no 1º e 2º ano de produção (Tabelas 8 e 9), evidenciando que melhorias nesta característica podem ser alcançadas em ciclos de seleção futuros.

Em maracujazeiro, VIANA (2001) constatou herdabilidade de 97,29% para a característica número de frutos, indicando que o ambiente não tem grande influência na expressão do caráter e que um método simples de seleção pode ser aplicado.

No geral, os maiores coeficientes de herdabilidade no primeiro e segundo ano de produção foram obtidos para as fêmeas (h_f^2), se comparados aos genitores masculinos (h_m^2). Padrão semelhante foi observado na produção do biênio 2004/2005 (Tabela 10). Entretanto GONÇALVES et al. (2007) observou elevados coeficientes de herdabilidade para famílias de macho quando utilizou o delineamento genético I de Comstock e Robinson em 113 famílias de maracujazeiro. Segundo FURTADO (1996), esses tipos de resultados não são perfeitamente comparáveis, uma vez que o número de indivíduos é diferente nas unidades de seleção.

As herdabilidades referentes aos indivíduos (h_i^2) apresentaram valores de alta magnitude para todas as características na produção do biênio 2004/2005, exceto espessura da casca, acidez e coloração da polpa.

Os menores valores de herdabilidade do indivíduo foram obtidas para as características espessura da casca, acidez total titulável e coloração da polpa considerando a produção no biênio 2004/2005. Como os ganhos de seleção preditos dependem da herdabilidade apresentada pela característica estudada, presume-se a

ocorrência de baixos percentuais de ganho de seleção nestas características ao longo de ciclos de seleção.

VIANA & GONÇALVES (2005) relatam que as estimativas de herdabilidade em uma população podem variar de acordo com a característica avaliada, o método de estimação, a diversidade na população, o tamanho da amostra, o nível de endogamia da população e a precisão na condução e coleta de dados do experimento. Desta forma, essas estimativas não devem ser extrapoladas para outras populações.

TABELA 8 – Coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, relativos às características do fruto em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no 1º ano de produção

Característica	Coeficientes de herdabilidade – h^2 (%) ¹			
	h_m^2	h_f^2	h_{mf}^2	h_i^2
NF	31,71	90,37	64,21	77,92
MF	15,40	17,58	9,70	9,50
PROD	50,90	94,33	71,43	91,27
MP	35,64	-155,38	-7,95	-5,29
MC	-57,77	54,80	25,40	26,89
CF	94,36	98,46	90,44	151,69
DF	-53,54	61,01	30,32	32,08
EC	-108,04	-115,76	-31,51	-22,76
SST	-140,85	92,51	75,08	108,26
ATT	71,30	84,55	49,67	50,35
COR	21,81	52,32	20,52	17,42

h_m^2 : herdabilidade ao nível de macho, h_f^2 : herdabilidade ao nível de fêmea, h_{mf}^2 : herdabilidade resultante do cruzamento entre macho e fêmea, e h_i^2 : herdabilidade ao nível de indivíduo.

NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

¹Valores negativos das herdabilidades devem ser considerados com estimativa nula.

TABELA 9 – Coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, relativos as características do fruto em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson no 2º ano de produção

Característica	Coeficientes de herdabilidade – h^2 (%) ¹			
	h_m^2	h_f^2	h_{mf}^2	h_i^2
NF	-18,64	74,37	39,35	39,49
MF	85,36	97,09	81,48	117,89
PROD	06,62	81,07	48,59	52,14
MP	90,55	97,44	82,57	120,92
MC	58,40	94,86	76,81	107,25
CF	54,78	92,16	75,14	108,11
DF	55,57	75,58	52,47	63,79
EC	23,51	-46,73	-03,09	-01,88
SST	69,61	-64,77	22,16	23,12
ATT	-45,50	02,83	-04,68	-04,10
COR	-25,54	33,73	9,36	7,78

h_m^2 : herdabilidade ao nível de macho, h_f^2 : herdabilidade ao nível de fêmea, h_{mf}^2 : herdabilidade resultante do cruzamento entre macho e fêmea, e h_i^2 : herdabilidade ao nível de indivíduo.

NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

¹Valores negativos das herdabilidades devem ser considerados com estimativa nula.

TABELA 10 – Coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, relativos as características do fruto em 12 famílias de maracujazeiro-azedo avaliadas no Delineamento II de Comstock e Robinson na produção do biênio 2004/2005.

Característica	Coeficientes de herdabilidade – h^2 (%) ¹			
	h_m^2	h_f^2	h_{mf}^2	h_i^2
NF	-2426,47	89,02	62,94	77,70
MF	74,94	90,91	72,97	101,87
PROD	-643,91	91,10	67,91	87,87
MP	81,91	87,39	68,38	91,02
MC	45,05	93,54	77,97	115,29
CF	85,04	97,05	87,34	142,60
DF	71,03	86,04	66,02	87,70
EC	-82,64	-08,48	-12,07	-10,33
SST	72,82	90,79	64,91	78,25
ATT	85,54	70,69	39,59	36,46
COR	-62,50	61,36	23,58	20,57

h_m^2 : herdabilidade ao nível de macho, h_f^2 : herdabilidade ao nível de fêmea, h_{mf}^2 : herdabilidade resultante do cruzamento entre macho e fêmea, e h_i^2 : herdabilidade ao nível de indivíduo.

NF: número de frutos por planta; MF: massa fresca do fruto (g); PROD: produção estimada (kg/planta); MP: massa fresca da polpa (g); MC: massa fresca da casca (g); CF: comprimento longitudinal (mm); DF: diâmetro equatorial (mm); EC: espessura da casca (mm); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); ATT: acidez total titulável (% Ácido Cítrico – equivalente de ácido cítrico por 100 mL de suco) e COR: coloração da polpa do fruto.

¹Valores negativos das herdabilidades devem ser considerados com estimativa nula.

Em um programa de melhoramento de plantas, estimativas de componentes de variância genética e do coeficiente de herdabilidade são importantes para subsidiar a escolha adequada da estratégia a ser empregado, além de possibilitar a obtenção de estimativas de ganhos com a seleção. Estas informações auxiliam na identificação de genótipos superiores, com base em valores fenotípicos (AGUIAR, 2003).

A falta de heterose, predita pela variância atribuída os desvios de dominância nas diversas características, pode ser visualizada como falta de complementaridade entre os alelos dos genitores. Assim, seria necessário submeter esta população à seleção recorrente, que tem como objetivo aumentar gradualmente a frequência dos alelos favoráveis, por meio de ciclos sucessivos de seleção e recombinação dos genótipos superiores, mantendo a variabilidade genética da população.

Estudos a respeito do melhoramento de populações de maracujazeiro são essenciais para verificação da existência de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos,

sendo estes últimos promotores da heterose, possibilitando o desenvolvimento de híbridos.

As plantas que melhor se adaptam à produção comercial de híbridos são aquelas que possuem flores de sexos distintos na mesma planta (milho) ou em plantas distintas (mamoeiro), esterilidade masculina (beterraba, cenoura, cebola e milho) ou auto-incompatibilidade (*Brassica*, maracujazeiro) (BRUCKNER et al., 2005). O fenômeno da auto-incompatibilidade caracteriza-se pelo pólen de uma planta ser incapaz de fertilizar as flores da mesma planta e diferentes plantas poderem ou não ser compatíveis entre si, dependendo do seu genótipo (SUASSUNA et al., 2003).

Híbridos são obtidos a partir de linhagens endogâmicas selecionadas, variedades de polinização aberta, clones e outras populações divergentes (ALLARD, 1960). Linhagens endogâmicas de maracujazeiro, em decorrência da auto-incompatibilidade, poderão ser obtidas por meio de cruzamento entre plantas-irmãs, retrocruzamentos ou autopolinização no estágio de botão (BRUCKNER et al., 1995). A realização das autofecundações proporciona maior endogamia (FALCONER, 1981).

Apesar da possibilidade de obtenção de linhagens endogâmicas, não se conhece os programas de melhoramento do maracujazeiro que desenvolvem este tipo de linhagens. Na sua grande maioria, os programas estão voltados à obtenção de progênies de polinização aberta, as quais necessitam de menor dispêndio de recursos para sua obtenção.

BARRIGA & VENCOVSKY (1973) descrevem a possibilidade de obtenção de híbridos intermediários, produzidos a partir de progênies com grau de endogamia intermediária entre uma variedade de polinização aberta ($F=0$) e uma linhagem endogâmica pura ($F=1$).

Os híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas são uma alternativa aos híbridos tradicionais, uma vez que, por não ser necessária a condução das linhagens até a homozigose completa, o tempo dispensado para a obtenção de sementes é sensivelmente reduzido, possibilitando o fornecimento de sementes de qualidade a um custo mais acessível para pequenos produtores rurais que hoje não têm acesso a híbridos de qualidade, em função do seu alto custo (AMORIM & SOUZA, 2005).

VASAL (1986) enumerou as seguintes vantagens da utilização de híbrido intermediário de progênies: 1) maior vigor das progênies em relação às linhagens para a produção de sementes; 2) o melhoramento das progênies é possível durante a fase de produção das sementes; 3) existe a possibilidade de utilização das melhores progênies para obtenção de linhagens; 4) com rigorosa seleção sobre as progênies, pode-se obter uniformidade nestes híbridos; e 5) as progênies são menos sensíveis às variações ambientais do que as linhagens endogâmicas.

Em maracujazeiro, embora a auto-incompatibilidade possa auxiliar a produção de híbridos, a exemplo das brássicas, é necessário que o híbrido possua suficiente diversidade em relação aos alelos de auto-incompatibilidade para ser produtivo (BRUCKNER et al., 1995; 2005). Assim, a semente híbrida poderia ser obtida a partir de linhagem auto-incompatível endogâmica ou propagada vegetativamente, interplantada com linhagem com maior diversidade de alelos S. Nesse caso, a semente híbrida, que poderia originar um híbrido intermediário seria coletada apenas na linha auto-incompatível. Os alelos presentes na linha auto-incompatível deverão ter baixo nível de dominância, para aumentar a compatibilidade entre as plantas híbridas (BRUCKNER et al., 2002; 2005).

CONCLUSÕES

Houve efeito de dominância e, portanto, de heterose no primeiro ano de produção, nas características massa fresca, massa da polpa, massa da casca e diâmetro equatorial do fruto.

No segundo ano de produção, somente a característica diâmetro equatorial do fruto apresentou variância devido aos efeitos de dominância não nula.

Observou-se predominância dos efeitos aditivos para número de frutos e massa do fruto.

Os valores de herdabilidade obtidos são indicativos da potencialidade da população para fins de melhoramento genético.

A população avaliada no presente estudo pode ser inserida em programas de melhoramento genético populacional, com intuito de obter híbridos heteróticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. M. **Uso do delineamento III com marcadores moleculares para a análise genética da produção de grãos e seus componentes em milho**. 2003. 127 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. New York: John Wiley, 1960. 485 p.

AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. de. **Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S₀ de híbridos simples comerciais**. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 3, p. 561-567, 2005.

ARAÚJO, R. C. **Produção, qualidade dos frutos e teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em resposta à nutrição potássica**. 2001. 103 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS – A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 15.ed. Washington, D. C., 1990. p. 910-928.

BARRIGA, P.; VENCOSKY, R. Heterose da produção de grãos e de outros caracteres agrônômicos em cruzamentos intervarietais de milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 25, p. 880-885, 1973.

BRUCKNER, C. H.; CASALI, V. W. D.; MORAES, C. F. de; REGAZZI, A. J.; SILVA, E. A. M. da. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae**, n. 370, p. 45-57, 1995.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (ed.) **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p. 373-409.

BRUCKNER, C. H.; SUASSUNA, T. de M. F.; RÊGO, M. M.; NUNES, E. S. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. cap. 13, p. 315-338.

BRUCKNER, C. H.; OTONI, W. C. Hibridação em maracujá. In: Borém, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 379-399.

CEAGESP. **Classificação do maracujá (*Passiflora edulis* Sims)**. Programa Brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros. 2001.

COIMBRA, J. L. M.; OLIVEIRA, A. C. de; CARVALHO, F. I. F. de; MAGALHÃES JR, A. M. de; FAGUNDES, P. R. R.; KOPP, M. M. Heterose em arroz híbrido. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 257-264, 2006.

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, v.4, p.254-266, 1948.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES** – versão windows – Aplicativo computacional em genética e estatística (versão 2007). Viçosa: UFV, 2001. 642p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M. A. SILVA e J. C. SILVA. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1981. 279 p. Título original: Introduction to quantitative genetics.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Logman. 464p. 1996.

FURTADO, M. R. **Alternativas de seleção no delineamento I de Comstock e Robinson, em milho**. 1996. 94 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; BEZERRA NETO, F. V.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 193-198, 2007.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 468 p. 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e de Estatística. **Indicadores**: produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 dez. 2007.

JUNG, M. S.; VIEIRA, E. A.; SILVA, G. O. da; BRANCKER, A.; NODARI, R. O. Capacidade de combinação por meio de análise multivariada para caracteres

fenotípicos em maracujazeiro-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 689-694, maio 2007.

LINHALES, H. **Seleção em famílias de irmãos completos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no segundo ano de produção**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MELETTI, L. M. M.; SANTOS, R. R. dos; MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo; obtenção do cultivar ‘Composto IAC-27’. **Scientia Agrícola**, v.57, n. 3, p. 491-498, 2000.

MELETTI, L. M. M.; SCOTT, M. D. S.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 55-78.

MIRANDA, J. E. C. de. **Análise genética de um cruzamento dialélico em pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 1987. 159 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1987.

MIRANDA FILHO, J. B. de; VENCOSKY, R. Analysis of diallel crosses among open-pollinated varieties of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 29, p. 217-234, 1984.

MOREIRA JÚNIOR, W. N. **Componentes de heterose a partir de testadores recíprocos intergrupos em linhagens de milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 114 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1995.

NEGREIROS, J. R. da S. **Seleção combinada, massal, entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NEVES, L. G. **Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; MAURO, A. O.; CENTURION; M. A. P. C. Aspectos gerais do maracujazeiro. In: São José, A. R. (Ed.) **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, 1994, p. 27-37.

PIMENTEL, L. D. **Determinação do período de avaliação da produção em maracujazeiro amarelo para fins de seleção precoce.** 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas:** aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia : Editora da UFG, 1993. 271 p.

RINALDI, D. A.; PÍPOLO, V. C.; GERAGE, A. C.; RUAS, C. de F.; FONSECA JÚNIOR, N. da S.; SOUZA, A.; SOUZA, S. G. H. de; GARBUGLIO, D. D. Correlação entre heterose e divergência genética estimadas por cruzamentos dialélicos e marcadores moleculares RAPD em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 183-192, 2007.

SHULL, G. H. The composition of a field of maize. **American Breeding Association Reports**, Madison, v. 4, p. 296-301, 1908.

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.

VASAL, S. K. Approaches and methodology in the development of QPM hybrids. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15, Macéio, 1984. **Anais...** Brasília, EMBRAPA/DDT, 1986. p. 419-430.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades.** 1970, 59 f. Livre Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba, 1970.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

VIANA, A. P. **Correlações e parâmetros genéticos e populações de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e diversidade molecular no gênero *Passiflora*.** 98p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2001.

VIANA, A. P.; GONÇALVES, G. M. Genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p. 243 -274.

XIAO, J. H.; LI, J. M.; YUAN, L. P.; TANKSLEY, S. D. Dominance is the major genetic basis of heterosis in rice as revealed by QTL analysis using molecular markers. **Genetics**, Baltimore, v. 140, n. 2, p.745-754, 1995.

3. ARTIGO II

ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE MARACUJAZEIRO-AZEDO QUANTO AO VIGOR E RESISTÊNCIA À VERRUGOSE

RESUMO

O maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims), originário da América tropical, é cultivado em todo o território nacional, porém as doenças são responsáveis por grandes perdas na cultura. Entre as principais, está a verrugose (*Cladosporium cladosporioides*). Objetivou-se, neste estudo, comparar estratégias de seleção em progênies de maracujazeiro-azedo quanto ao vigor e resistência à verrugose. Avaliou-se 75 progênies de meios-irmãos, em novembro de 2006, quanto ao vigor e a resistência à verrugose, segundo critério de notas variando de um a cinco. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e quatro plantas por parcela. Simulou-se a seleção para resistência à verrugose e vigor, por seleção combinada e três índices de seleção, envolvendo os dois caracteres. A seleção combinada promoveu ganhos preditos superiores nas características avaliadas em relação à seleção direta e indireta. Os índices de Pesek & Baker e Mulamba & Mock proporcionaram ganhos preditos satisfatórios, e similares quando utilizam pesos econômicos 1 e -3 (Pesek & Baker) e superior a 4 e inferior a 2 (Mulamba & Mock), para vigor e resistência a verrugose, respectivamente. A seleção combinada proveu ganhos genéticos previstos superiores aos índices de seleção, caracterizando-se promissora na seleção de progênies vigorosas com menor incidência de verrugose.

Termos para indexação: *Passiflora edulis*, genética quantitativa, métodos de seleção

STRATEGIES OF SELECTION IN YELLOW PASSION FRUIT PROGENIES FOR VIGOR AND SCAB RESISTANCE

ABSTRACT

The yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims), with origin of tropical America, is largely cultivated in Brazil, however the diseases such as the scab causes great losses in yield and fruit quality. The aim of this study was to compare the selection strategies in yellow passion fruit progenies for vigor and resistance to scab (*Cladosporium cladosporioides*). Seventy five half-sib progenies were evaluated in November 2006, for vigor and scab resistance, according to note criteria varying from one to five. The experiment was designed in complete randomized blocks, with three replications and four plants by plot. The selection was simulated for resistance to scab and vigor, by combined selection and three selection indexes, involving the two characters. The selections based on indexes did not provide satisfactory results, while the gains expected by combined selection were superior to the ones obtained by the direct and indirect selection. However, the indexes of Pesek & Baker and Mulamba & Mock provided satisfactory and similar expected gains for plant vigor and scab resistance selection when 1 and -3 (Pesek & Baker) or higher than 4 and lower than 2 (Mulamba & Mock) were used as economical weights, respectively. The combined selection provided genetic gain superiors to the selection indexes, characterized promising in the selection of progenies with smallest scab incidence.

Index terms: *Passiflora edulis*, quantitative genetics, selection methods

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims), originário da América tropical, é cultivado em todo o território nacional, devido às excelentes condições ecológicas para seu cultivo (BRUCKNER et al., 2002).

O Brasil é o primeiro produtor mundial de maracujá, sendo que, no ano de 2004, a produção foi de 491.619 t, com rendimento médio de 13.441 kg/ha (IBGE, 2007).

As moléstias de plantas são responsáveis por grandes perdas nas culturas de importância econômica. Nas espécies frutíferas ocorrem perdas devido à redução da produtividade e qualidade. Entre as principais doenças fúngicas que afetam o maracujazeiro, está a verrugose, causada pelo fungo *Cladosporium cladosporioides* (GOES, 1998).

O controle da verrugose tem sido feito mediante a aplicação de fungicidas, muitas vezes ineficientes em condições de umidade muito alta e cujos custos são significativos. Além disso, é cada vez maior o número de consumidores preocupados com o conceito de qualidade alimentar e com a preservação do ambiente (QUIRINO, 1998). Por essa razão, estes procuram frutas saudáveis e sem resíduos de agrotóxicos. Essa é, sem dúvida, uma tendência mundial irreversível. O emprego de cultivares resistentes, associado a outras técnicas de manejo integrado é a medida mais eficaz, econômica e ecológica de controle de doenças e pragas (JUNQUEIRA et al., 2003).

Neste contexto, a seleção de fenótipos superiores, sejam indivíduos ou famílias, é uma prática de considerável importância, uma vez que a obtenção de populações melhoradas passa pela seleção e recombinação de indivíduos ou famílias. Nos programas de melhoramento do maracujazeiro, os principais aspectos estudados são: o aumento da produção, a melhoria da qualidade dos frutos e a resistência a pragas e doenças. O melhoramento genético poderá contribuir significativamente para a obtenção de resistência a doenças, em razão da grande variabilidade presente na espécie e nas espécies relacionadas (BRUCKNER et al., 2002). A existência de variabilidade quanto à incidência de verrugose em maracujazeiro e a possibilidade de seleção foram verificadas por NEGREIROS et al. (2004).

Na seleção direta e indireta, a princípio, espera-se obter ganhos em um único caráter sobre o qual se pratica a seleção, podendo ocorrer respostas favoráveis ou desfavoráveis nos caracteres de importância secundária.

A seleção direta entre e dentro de famílias é uma alternativa interessante, pois seleciona tanto as melhores famílias quanto os melhores indivíduos dentro das famílias.

Uma das críticas que se faz à seleção entre e dentro é o fato de indivíduos superiores de famílias intermediárias ou indivíduos intermediários de famílias superiores, às vezes, não serem considerados na seleção. Assim, surgiu como alternativa a seleção combinada, na qual a escolha é feita com base no desempenho individual associado ao desempenho da família, em um único estágio. Pela natureza de obtenção, este tipo de seleção é mais rico em informações e, normalmente, leva a resultados mais satisfatórios que a seleção entre e dentro (MARTINS et al., 2005).

A utilização dos índices de seleção apresenta algumas dificuldades e limitações, mas, de modo geral, eles são vantajosos, pois proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição destes entre os caracteres de forma adequada aos propósitos do melhoramento (NEVES, 2006). Assim, é importante a identificação de critérios de seleção capazes de promover alterações no sentido desejado, nas características de interesse dentro de um programa de melhoramento (REIS et al., 2004).

Objetivou-se, neste trabalho, comparar as estratégias de seleção direta, seleção indireta, seleção entre e dentro de famílias, seleção combinada e seleção simultânea (índices de seleção) em progênies de maracujazeiro-azedo quanto ao vigor e incidência de verrugose (*Cladosporium cladosporioides*).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se setenta e cinco progênies de meios-irmãos de maracujazeiro-azedo.

As progênies resultam da recombinação de materiais considerados superiores quanto à produtividade e qualidade do fruto, selecionados em ciclos anteriores de seleção entre e dentro de famílias, sendo as famílias estruturadas em irmãos completos e meios-irmãos (Tabela 1) (NEGREIROS, 2006; NEVES, 2006; NUNES, 2006).

Tabela 1 – Progênies de maracujazeiro-azedo avaliadas quanto ao vigor e a incidência de verrugose

Número	Material	Referência da origem	Número	Material	Referência da origem
01	G1 B1 1	NEVES (2006)	39	G3 B1 118	NEVES (2006)
02	G1 B1 2	-	40	B1 2 P1 3	NEGREIROS (2006)
03	G1 B1 3	-	41	B1 6 P1 4	-
04	G1 B1 4	-	42	B1 17 P1 3	-
05	G1 B1 6	-	43	B1 23 P1 1	-
06	G1 B1 7	-	44	B1 29 P1 1	-
07	G1 B1 8	-	45	B1 41 P1 3	-
08	G1 B1 9	-	46	B1 42 P1 3	-
09	G1 B1 15	-	47	B2 1 P1 1	-
10	G1 B1 20	-	48	B2 9 P1 3	-
11	G1 B1 21	-	49	B2 31 P1 2	-
12	G1 B1 23	-	50	B2 32 P1 4	-
13	G1 B1 29	-	51	B2 37 P1 3	-
14	G1 B1 33	-	52	B3 20 P1 3	-
15	G1 B1 35	-	53	B3 26 P1 2	-
16	G1 B1 40	-	54	B3 29 P1 3	-
17	G2 B1 41	-	55	B3 41 P1 3	-
18	G2 B1 49	-	56	B1 R2 2	NUNES (2006)
19	G2 B1 50	-	57	B1 R2 9	-
20	G2 B1 54	-	58	B1 R3 2	-
21	G2 B1 55	-	59	B1 R3 13	-
22	G2 B1 56	-	60	B1 R3 26	-
23	G2 B1 57	-	61	B1 R4 13	-
24	G2 B1 58	-	62	B2 R1 7	-
25	G2 B1 59	-	63	B2 R1 19	-
26	G2 B1 60	-	64	B2 R2 11	-
27	G2 B1 61	-	65	B2 R2 13	-
28	G2 B1 77	-	66	B2 R3 13	-
29	G3 B1 85	-	67	B2 R4 2	-
30	G3 B1 88	-	68	B2 R4 5	-
31	G3 B1 89	-	69	B2 R4 11	-
32	G3 B1 92	-	70	B2 R4 13	-
33	G3 B1 93	-	71	B3 R1 9	-
34	G3 B1 108	-	72	B3 R2 19	-
35	G3 B1 109	-	73	B3 R3 11	-
36	G3 B1 110	-	74	B3 R4 13	-
37	G3 B1 115	-	75	GA 2	Embrapa – Cerrados.
38	G3 B1 117	-			

As mudas foram plantadas a campo em março de 2006, no delineamento em blocos ao acaso, com 3 repetições e 4 plantas por parcela. O espaçamento utilizado foi de 3,0 m entre fileiras e 3,5 m entre plantas, totalizando 950 plantas/ha. A condução das plantas foi feita em espaldeira vertical com 1,80 m de altura em fio galvanizado número 12, sendo realizados todos os tratos culturais normalmente recomendados à cultura.

As plantas foram avaliadas em 01/11/2006 quanto ao vigor e a incidência de verrugose usando-se escala de notas subjetivas (Tabela 2), apresentada por NEGREIROS et al. (2004).

TABELA 2 – Escalas de notas adotadas para avaliação de vigor e incidência de verrugose em brotações de plantas novas de maracujazeiro-azedo

Vigor	
Nota	Descrição
1	Plantas com ramo principal de 0 -1 metro
2	Plantas com ramo principal de 1-2 metros
3	Plantas com ramos secundários de 0-1 metro
4	Plantas com ramos secundários maior de 1 metro e início de lançamentos de ramos terciários
5	Plantas completamente formadas, com ramos terciários maiores que 0,5 metro.
Incidência de verrugose	
Nota	Percentagem de incidência em brotos novos e folhas
1	0 – 3
2	3 – 6
3	6 – 12
4	12 – 25
5	25-50

Foram estudadas alternativas de seleção direta, seleção indireta, seleção entre e dentro de famílias, seleção combinada e baseada na seleção simultânea de características (índices de seleção). A comparação entre estas estratégias foi realizada por meio da resposta esperada à seleção no caráter vigor e incidência de verrugose.

As estimativas de ganhos foram obtidas na seleção direta segundo o estimador: $GS_x = DS_x \cdot h^2$, em que GS_x é o ganho direto predito na variável X; DS_x é o diferencial de seleção da variável X e h^2 é o coeficiente de herdabilidade da variável X, no sentido amplo.

As estimativas de ganhos com a seleção indireta foram obtidas segundo o estimador: $GS_{y(x)} = DS_{y(x)} \cdot h^2_y$, em que $GS_{y(x)}$ é o ganho de seleção em Y pela seleção na variável X; $DS_{y(x)}$ é o diferencial de seleção indireto, em que a média dos selecionados é obtida em relação às progênies, que apresentam superioridade para a variável auxiliar X e h^2_y é o coeficiente de herdabilidade da variável principal.

Os ganhos por seleção entre e dentro são obtidos, por cada um dos métodos, pela seguinte expressão (CRUZ et al., 2004): $\Delta Ged = \Delta Ge + \Delta Gd$, em que ΔGed é o ganho por seleção entre e dentro, ΔGe é o ganho por seleção direta entre famílias, obtido pela expressão: $\Delta Ge = Dsxh^2$, em que Ds é o diferencial de seleção entre famílias e h^2 é a herdabilidade com base nas médias das famílias e ΔGd é o ganho por seleção dentro das famílias de meios-irmãos.

O ganho por seleção entre e dentro, expresso em porcentagem da média original, é dado por: $\Delta Ged\% = (\Delta Ged \cdot 100) / X$.

Já o ganho por seleção combinada pode ser obtido pela expressão (PIRES, 1996):

$$GS_x = \frac{\text{Cov}(I_{ijk}, H_{ijk})}{V(I_{ijk})} DS_I = DS_I \quad \text{ou, então: } GS_x = i \hat{\sigma}_1, \quad \text{em que: } GS_x \text{ é o ganho por}$$

seleção combinada na característica x; i é a intensidade de seleção; $\hat{\sigma}_1$ é o desvio-padrão do índice.

Para cada variável, considerou-se uma seleção de 20% de famílias e 50% de indivíduos dentro de família, e seleção no sentido de acréscimo em vigor da planta e decréscimo em incidência de verrugose.

O índice clássico, proposto por SMITH (1936) e HAZEL (1943), consiste da combinação linear dos valores fenotípicos dos vários caracteres de importância, cujos coeficientes de ponderação foram estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico. Os índices foram estabelecidos a partir do sistema de equações: $Pb = Ga$, em que, P é a matriz de covariâncias fenotípicas; G é a

matriz de covariâncias genóticas; a é o vetor de pesos econômicos; e b é o vetor de coeficientes do índice de seleção.

O índice com base nos ganhos desejados (PESEK & BAKER, 1969) consiste em substituir os pesos econômicos pelos ganhos desejados pelo melhorista para cada caráter. A construção deste índice envolve o conhecimento da expressão do ganho esperado dos vários caracteres, definido por: $\Delta g = Gbi/\hat{\sigma}_1$, em que substituem-se Δg , que é o vetor de ganhos estimados, por Δg_d , que é o vetor de ganhos desejados, e eliminou-se o escalar $i/\hat{\sigma}_1$. Assim, estimou-se b pela expressão: $b = G^{-1} \cdot \Delta g_d$.

O índice com base em soma de “ranks” proposto por MULAMBA & MOCK (1978) consiste em classificar os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada genótipo referente a cada caráter, resultando a medida adicional tomada como índice de seleção (CRUZ et al., 2004). A partir deste ponto, selecionam-se os genótipos que obtiveram menor soma de “ranks” e calculam-se os ganhos de seleção.

Para os índices de SMITH (1936) e HAZEL (1943) e o índice de PESEK & BAKER (1969) utilizaram-se pesos econômicos de 1 e -1, 1 e -2, e 1 e -3; para vigor da planta e incidência de verrugose, respectivamente. Para o índice de MULAMBA & MOCK (1978) utilizou peso superior a nota 4 e de inferioridade a nota 2, para vigor da planta e incidência de verrugose, respectivamente.

A predição dos ganhos foi realizada para atingir um ideótipo, em que se procurou obter famílias com a maior nota para vigor vegetativo e menor para incidência de verrugose. As análises estatísticas foram efetuadas pelo programa GENES (CRUZ, 2001), versão 2006. Os dados originais foram transformados para $\sqrt{x+0,5}$, apresentando-se as médias originais. Os coeficientes de herdabilidade foram estimados no sentido amplo, através da razão entre as variâncias genóticas e fenotípicas. Na seleção dos ganhos preditos, o estimador escolhido foi baseado no diferencial de seleção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se a ocorrência de variabilidade genética entre as famílias de meios-irmãos tanto para o vigor da planta, quanto para a incidência de verrugose (Tabela 3). A variabilidade demonstrada é condição essencial para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético e pode ser efetivamente explorada com vistas ao aumento do vigor e resistência das plantas à verrugose.

Os coeficientes de variação encontrados situam-se dentro das magnitudes geralmente obtidas para maracujazeiro em variáveis sensíveis à variação ambiental.

TABELA 3 – Resumo da análise de variância de vigor e incidência de verrugose em progênies de maracujazeiro-azedo

F.V.	G.L.	Quadrados médios	
		Vigor	Incidência de Verrugose
Blocos	2	2,0277	4,3244
Genótipos	74	2,5538*	2,7954**
Entre	148	1,7124	1,4933
Dentro	675	1,0374	0,7107
Média		3,8655	1,8411
C.V. (%)		16,92	33,18

**,* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O ganho pela seleção direta em cada uma das duas características foi sempre superior ao ganho indireto, que foi inverso ao desejado (Tabela 4). Contudo, FALCONER (1987) salienta que a seleção indireta pode promover maiores progressos que a seleção direta, se a característica auxiliar apresentar maior herdabilidade que a principal e se a correlação genética entre ambas for de alta magnitude e em sentido favorável à seleção. Porém, PAULA et al. (2002) relatam que, quando se utiliza a expressão, de ganho genético a partir do diferencial de seleção, a seleção indireta será, no máximo, igual à direta, mas nunca superior, uma vez que não se utiliza na expressão a correlação genética nem a herdabilidade da característica auxiliar.

TABELA 4 – Média, herdabilidade, correlação fenotípica, ganhos de seleção direto e indireto, e média predita de progênies de maracujazeiro selecionadas com base no vigor e incidência de verrugose

Caráter selecionado	\bar{X}_s	h^2 (%)	rfe	GS % (Média Predita)		Progênies selecionadas
				Vigor	Verrugose	
Vigor	3,6722	9,49		1,95 (4,42)	0,87 (1,74)	8, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 29, 30, 31, 39, 41, 50, 51 e 70
Verrugose	1,6744	20,77	-0,125 ^{ns}	-1,18 (3,21)	-10,09 (0,86)	2, 5, 12, 15, 25, 40, 43, 45, 46, 58, 61, 62, 66, 74 e 75

\bar{X}_s = média dos selecionados; h^2 (%) = herdabilidade, em porcentagem; rfe = correlação fenotípica entre as duas características; GS % = ganhos de seleção, em porcentagem.

^{ns} = não-significativo, a 5% de probabilidade pelo teste t.

A correlação, positiva ou negativa, existente entre duas características pode facilitar ou dificultar o melhoramento, pois quando se obtém ganhos positivos em uma, eles também são evidenciados na outra característica positivamente ou negativamente, o que pode ser ou não ser desejável. No presente estudo, uma correlação negativa seria favorável, por se desejar aumento no vigor da planta e redução da incidência de verrugose. A correlação entre as duas características apresentou valor negativo, mas não significativo. A resposta correlacionada, neste caso, não auxiliou o processo de seleção, o que fica evidenciado pelas diferentes progênies selecionadas, com base em cada caráter (Tabela 4).

As herdabilidades estimadas foram de 9,49 e 20,77% para vigor da planta e resistência a verrugose, respectivamente. Altos valores de herdabilidade podem ocorrer em caracteres de pequena variância genética aditiva, desde que a influência do ambiente no caráter seja pequena (NEVES, 2006; GONÇALVES et al., 2007). NEGREIROS et al. (2004) encontraram herdabilidade maiores para vigor (56,53%) e incidência de verrugose (44,68%). As herdabilidades mais baixas, observadas neste estudo, podem resultar de um possível estreitamento da base genética, provocado pela recombinação dos melhores genótipos para produtividade e qualidade do fruto. O ganho de seleção esperado para vigor foi, conseqüentemente, maior no material estudado por NEGREIROS et al. (2004).

A seleção entre e dentro proporcionou ganhos previstos para vigor de 2,33% e para a incidência de verrugose de -14,66% (Tabela 5). Porém, o processo de seleção combinada apresentou estimativas de ganhos superiores aos processos de seleção entre e dentro, fato este em conformidade com o normalmente relatado (FALCONER, 1987; PAULA, 1997; PIRES, 1996).

TABELA 5 – Ganhos genéticos em vigor e incidência de verrugose de progênies de maracujazeiro, por seleção entre e dentro de famílias e seleção combinada

Característica	Ganhos de Seleção	(%)	Progênies selecionadas
Vigor	GSe	1,9541	
	GSd	0,3811	8, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 29, 30, 31, 39, 41, 50, 51 e 70
	GSe + GSd	2,3352	
	GSc	3,8899	8, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 29, 39, 50, 51 e 70
	GSc/(GSe + GSd)	1,6656	
Verrugose	GSe	-10,0896	
	GSd	-4,5752	2, 5, 12, 15, 25, 40, 43, 45, 46, 58, 61, 62, 66, 74 e 75
	GSe + GSd	-14,6648	
	GSc	-25,0231	2, 5, 12, 15, 25, 40, 43, 45, 46, 58, 62, 66, 74 e 75
	GSc/(GSe + GSd)	1,7063	

GSe, GSd e GSc = ganho de seleção entre famílias, ganho de seleção dentro de famílias e ganho de seleção combinada, respectivamente.

O número de progênies selecionadas quanto ao vigor pela seleção combinada foi inferior, em três progênies (30, 31 e 41), ao processo de seleção entre e dentro de famílias. Já na seleção quanto à incidência de verrugose, o número de progênies selecionadas foi inferior em uma na seleção combinada, com acréscimo da progênie 61 na seleção entre e dentro de famílias.

A eficiência do processo de seleção combinada, em comparação com os processos de seleção entre e dentro, foi sempre superior à unidade, superando 1,65.

Os ganhos de seleção esperados foram superiores na seleção combinada. Mas apesar de a seleção combinada normalmente apresentar ganhos genéticos esperados superiores à seleção entre e dentro, esta pode levar à seleção de poucas famílias, o que não seria desejável em termos de base genética (MARTINS et al., 2005).

A avaliação de diversos índices de seleção evidenciou que eles proporcionam ganhos genéticos nas duas características (Tabela 6).

TABELA 6 – Estimativas de ganhos genéticos preditos utilizando índices clássicos, índices de ganhos desejados e o índice baseado na soma de “ranks” na seleção de progênies maracujazeiro-azedo com base no vigor e incidência de verrugose

Seleção Simultânea	GS % (Média Predita)		Progênies selecionadas
	Vigor	Verrugose	
Índice 1*	-0,39 (3,52)	-1,89 (1,52)	3, 4, 9, 10, 12, 30, 38, 40, 54, 57, 58, 61, 64, 71 e 75
Índice 2*	-0,24 (3,57)	-1,27 (1,57)	3, 4, 7, 9, 10, 30, 38, 40, 54, 57, 58, 61, 64, 71 e 75
Índice 3*	0,01 (3,67)	-0,72 (1,61)	3, 4, 7, 9, 10, 19, 30, 38, 40, 54, 57, 58, 61, 64 e 71
Índice 4**	1,31 (4,17)	-5,13 (1,26)	8, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 29, 31, 39, 50, 61, 63, 70 e 75
Índice 5**	1,81 (4,37)	-2,72 (1,45)	8, 11, 13, 16, 19, 29, 31, 39, 41, 50, 51, 59, 61, 63 e 70
Índice 6**	1,93 (4,41)	-1,41 (1,56)	8, 11, 13, 16, 18, 19, 29, 31, 39, 41, 50, 51, 61, 63 e 70
Índice 7***	1,95 (4,42)	-0,65 (1,62)	8, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 29, 31, 39, 41, 50, 51, 61 e 70

* Índice 1, 2 e 3 – Baseado no índice clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943) considerando-se pesos para vigor e resistência à verrugose de 1 : -1, 1 : -2, 1 : -3, respectivamente.

** Índice 4, 5 e 6 – Baseado no índice por ganhos desejados proposto por Pesek & Baker (1969) considerando-se pesos para vigor e resistência à verrugose de 1 : -1, 1 : -2, 1 : -3, respectivamente.

*** Índice 7 – Baseado em soma de ranks proposto por Mulamba & Mock (1978) considerando-se pesos para vigor (superior a 4) e resistência à verrugose (inferior a 2).

O índice de SMITH (1936) e HAZEL (1943) proporcionou ganhos preditos indesejáveis para vigor, por serem negativos e próximos de zero, evidenciando desta maneira, a inferioridade em relação a outros índices e outras metodologias de seleção. Não procede, portanto, a utilização deste índice para a população em estudo, pois deseja-se ganhos satisfatórios em aumento do vigor das plantas, ao contrário da redução ou nulidade dos ganhos, previstos por este método.

NEGREIROS et al. (2004) também testaram os índices 1 e 2 de Smith e Hazel utilizados neste estudo, mas encontraram que o índice 2 foi superior, o que evidencia diferenças entre o material estudado, demonstrado pela diferença na herdabilidade, já mencionada anteriormente.

Contrastando com os resultados observados por GRANATE et al. (2002), trabalhando com milho, e PAULA et al. (2002), com eucalipto, em cujos trabalhos o índice de Smith e Hazel foi superior, no presente estudo, os maiores ganhos preditos foram obtidos com o índice de Pesek & Baker, quando se adotou como pesos econômicos os valores de 1 e -3, para vigor e incidência de verrugose, respectivamente; e com a utilização do índice baseado na soma de ranks (MULAMBA & MOCK, 1978).

GONÇALVES et al. (2007), promovendo seleção em progênies de maracujazeiro para qualidade de fruto com base nos índices de seleção de Smith e Hazel, Pesek & Baker, e Mulamba & Mock, verificaram que o índice de SH apresentou o menor ganho predito, resultando em ganhos insatisfatórios, porém os índices de Mulamba & Mock e Pesek & Baker, proporcionaram ganhos preditos satisfatórios semelhantes, com ligeira superioridade para o índice de MULAMBA & MOCK (1978). Em milho, CRUZ et al. (1993) encontraram resultados positivos com a utilização dos índices de Mulamba & Mock. Os resultados do presente estudo corroboram com os autores anteriores.

Neste estudo, no entanto, os índices não superaram os ganhos previstos com a seleção combinada e nem com a seleção entre e dentro de progênies. A seleção por índices tem a vantagem de possibilitar ganhos melhor distribuídos em todos os caracteres avaliados, de forma que o ganho total seja consistentemente maior, sem, contudo, proporcionar perda significativa nos caracteres principais. Deve-se também ressaltar que combinações mais vantajosas de ganhos podem ser obtidas quando vários caracteres são considerados como principais e que tal estratégia não é possível pela técnica da seleção direta (NEVES, 2006; HAARMAN et al., 1993).

Na Tabela 6 apresentam-se as 15 famílias selecionadas utilizando os sete índices propostos para a obtenção de ganhos preditos conjuntos nas duas características, somente a família 61 é comum às selecionadas pelos sete índices

empregados, como também comum na seleção quanto a incidência de verrugose pela seleção direta e indireta e na seleção entre e dentro. No entanto, as famílias 19, 11, 16, 39, 70, 31, 29, 50, 8 e 13 foram selecionadas mais vezes (no mínimo em 4 índices), portanto são indicadas, somando-se a estas a família 61, para serem recombinadas e darem origem ao próximo ciclo de seleção. Porém, estas famílias devem passar por um processo de seleção quanto à produtividade e qualidade de frutos, para então serem recombinadas com vistas ao novo ciclo de seleção.

CONCLUSÕES

A seleção combinada promoveu ganhos preditos superiores nas características avaliadas em relação à seleção direta e indireta.

O índice de Pesek & Baker e Mulamba & Mock proporcionaram ganhos preditos satisfatórios, e similares quando utilizam pesos econômicos 1 e -3 (Pesek & Baker) e superior a 4 e inferior a 2 (Mulamba & Mock), para vigor e resistência a verrugose, respectivamente.

A seleção combinada proveu ganhos genéticos previstos superiores aos índices de seleção, caracterizando-se promissora na seleção de progênies vigorosas com menor incidência de verrugose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (ed.) **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p. 373-409.

CRUZ, C.D. **Programa GENES** – versão windows – Aplicativo computacional em genética e estatística (versão 2006). Viçosa: UFV, 2001. 642p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R.; SILVA, S. O.; TOSELLO, G. A. Comparison of gains from selection among corn progenies, base don different criteria. **Revista Brasileira de Genética**, v. 16, n.1, p.79-89, 1993.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; BEZERRA NETO, F. V.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 193-198, 2007.

GOES, A. Doenças fúngicas da parte aérea da cultura de maracujá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5., 1998, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1998. p. 208-216.

GRANATE, M. J.; CRUZ, C. D.; PACHECO, C. A. P. Predição de ganhos genéticos com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 1001-1008, 2002.

HAARMAN, R. J.; WHITE, D. G.; DUDLEY, J. W. Index vs. tandem selection for improvement of grain yield, leaf blight and stalk rot resistance in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 38, n. 3, p. 183-188, 1993.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, p. 476-90, 1943.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e de Estatística. **Indicadores**: produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 nov. 2007.

JUNQUEIRA, N. T. V.; ANJOS, J. R. N. dos; SILVA, A. P. de O.; CHAVES, R. da C.; GOMES, A. C. Reação às doenças e produtividade de onze cultivares de maracujá-azedo cultivadas sem agrotóxicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 8, p. 1005-1010, 2003.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D., ROCHA, M. G. B.; REGAZZI, A. J., PIRES, I. E. Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada, em progênies de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 16-24, 2005.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.

NEGREIROS, J. R. da S. **Seleção combinada, massal, entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*)**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NEGREIROS, J. R. da S.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; SIQUEIRA, D. L.; PIMENTEL, L. D. Seleção de progênies de maracujazeiro-amarelo vigorosas e resistentes à verrugose (*Cladosporium cladosporioides*). **Revista Brasileira Fruticultura**. Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 272-275, 2004.

NEVES, L. G. **Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NUNES, E. S. **Seleção entre e dentro de famílias de irmãos completos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PAULA, R. C. de; PIRES, I. E.; BORGES, R. de C. G.; CRUZ, C. D. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002.

PAULA, R. C. de. **Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal**. 1997. 74 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PESEK, J., BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Science**, v.49, p.803-804, 1969.

PIRES, I. E. **Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de *Eucalyptus* spp.** 1996. 116 f. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

QUIRINO, T. R. Agricultura e meio ambiente: tendências. In: SILVEIRA, M. A. da; VILELA, S. L. de O. (Ed.). **Globalização e sustentabilidade da agricultura**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. p. 109-138. (Documentos, 15).

REIS, E. F.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 685-692, 2004.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annual Eugenics.**, v.7, p.240-50, 1936.

4. ARTIGO III

REPETIBILIDADE EM CARACTERÍSTICAS DO FRUTO DO MARACUJAZEIRO EM MEDIÇÕES NO 1º ANO DE PRODUÇÃO

RESUMO

A análise de sucessivas medições de uma característica, em um grupo de indivíduos, é um procedimento desejável no melhoramento genético de culturas pois, espera-se que a superioridade ou a inferioridade inicial de um indivíduo em relação aos demais mantenha-se ao longo das medições. A veracidade desta expectativa pode ser aferida pelo coeficiente de repetibilidade das características avaliadas. Os objetivos deste trabalho foram (1) determinar o coeficiente de repetibilidade das seguintes características: massa média, comprimento longitudinal, diâmetro equatorial, massa média da polpa e da casca, e espessura da casca do fruto; e (2) determinar o número mínimo de avaliações para um eficiente processo de seleção de genótipos de maracujazeiro-azedo. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se vinte progênies de meios-irmãos segregantes de maracujazeiro-azedo provenientes do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa/MG. Observaram-se diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas pelo método da ANOVA e pelos métodos multivariados; que o método dos componentes principais com base na matriz de covariância sempre apresentou estimativas maiores, principalmente para espessura da casca e comprimento longitudinal do fruto, e que a realização de 18 medições é suficiente para prever o valor real dos indivíduos com 90% de acurácia no primeiro

ano de produção, com relação à massa fresca do fruto, massa de polpa e casca, comprimento longitudinal e diâmetro equatorial.

Termos para indexação: *Passiflora edulis*, repetibilidade, fruto.

REPEATABILITY IN FRUIT TRAITS OF YELLOW PASSION FRUIT IN THE FIRST YEAR OF PRODUCTION

ABSTRACT

The analysis of successive measurements of a trait, in a group of individuals, is a desirable procedure in the genetic improvement of crops, because it is expected that the superiority or inferiority of the individuals in relation to the others stay within the measurements. The truthfulness of this expectation can be evaluated by the coefficient of repeatability of the traits. The objective of this work was (1) to determine the coefficient of repeatability of the following traits: medium mass, longitudinal length, equatorial diameter, medium mass of the pulp and of the skin, and thickness of the skin of the fruit; and (2) to determine the minimum number of evaluations for an efficient process of selection of genotypes of passion fruit. The work was carried out in the Department of Plant Science of Universidade Federal de Viçosa (Federal University of Viçosa, Brazil) with data of twenty half-sib progenies of the passion fruit improvement program. Differences were observed among the estimates of the repeatability coefficients obtained by the method of ANOVA and by multivariate methods. The method of the main components based on the covariance matrix always presented higher estimates, mainly for thickness of the skin and longitudinal length of the fruit. Eighteen measurements were enough to predict the real value of the individuals with 90% accuracy in the first year of production, regarding the fresh mass of the fruit, pulp and peel mass, longitudinal length and equatorial diameter.

Index terms: *Passiflora edulis*, repeatability, fruit.

INTRODUÇÃO

O maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma espécie frutífera, que nos últimos anos vêm recebendo atenção por parte dos pesquisadores em trabalhos de seleção e melhoramento genético. Originário da América tropical, esta espécie é cultivada em todo o território nacional (BRUCKNER et al., 2002), sendo o Brasil o primeiro produtor mundial, com uma produção no ano de 2005 de 479.813 t, e um rendimento médio de 13.395 kg/ha (IBGE, 2007).

Programas de melhoramento genético desta espécie já se encontram consolidados, tendo como objetivos, o desenvolvimento de genótipos com características agronômicas superiores, entre estas, o aumento na produtividade e na qualidade dos frutos. Entretanto, por demandar investimentos em infra-estrutura para condução das plantas e constante utilização de mão-de-obra nos tratos culturais, a avaliação de muitas características durante um período prolongado se torna morosa e dispendiosa.

A análise de sucessivas medições de uma característica, em um grupo de indivíduos, é um procedimento desejável no melhoramento genético de culturas, pois, espera-se que a superioridade ou a inferioridade inicial de um indivíduo, em relação aos demais, mantenha-se ao longo das medições. A veracidade desta expectativa pode ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade das características avaliadas. Valores altos das estimativas de repetibilidade das características avaliada indicam que é possível prever o valor real dos indivíduos utilizando-se um número relativamente pequeno de medições.

Ao se escolher um genótipo em detrimento do outro, espera-se que sua superioridade inicial persista durante toda a sua vida. Esta expectativa pode ser verificada pelo coeficiente de repetibilidade da característica avaliada.

A repetibilidade pode ser definida como sendo a correlação entre as sucessivas medidas, obtidas de um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas ao longo do tempo ou do espaço, podendo ser determinada, apenas, naquelas características para as quais é possível mais de uma avaliação em um mesmo indivíduo. Ela expressa

a proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum (ABEYWARDENA,1972; CRUZ et al., 2004).

O conhecimento do coeficiente de repetibilidade permite, portanto, que a fase de avaliação seja executada com eficiência, mas com dispêndio mínimo de tempo e mão-de-obra (LOPES et al., 2001; COSTA, 2003).

PIMENTEL (2007) observou no comportamento produtivo do maracujazeiro-azedo em dois ciclos de produção, que o peso médio do fruto reduziu-se do primeiro para o segundo ciclo, indicando que as plantas com frutos pequenos devem ser descartadas já no primeiro ciclo de produção, reduzindo assim, trabalhos desnecessários de avaliação no segundo ciclo de produção.

Em trabalhos de melhoramento do maracujazeiro, mais do que avaliar a produtividade das plantas, é importante predizer aquelas mais produtivas, que serão selecionadas. Se isso puder ser feito no primeiro ano, além de proporcionar redução do tempo e dos custos de seleção, constitui uma estratégia de seleção interessante, com a seleção realizada no primeiro ano e a recombinação dos genótipos superiores no segundo ano (LINHALES, 2007).

Os objetivos deste trabalho foram (1) determinar o coeficiente de repetibilidade das seguintes características: massa média, comprimento longitudinal, diâmetro equatorial, massa média da polpa e da casca, e espessura da casca do fruto; e (2) determinar o número mínimo de avaliações para um eficiente processo de seleção de genótipos de maracujazeiro-azedo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se 19 progênies de meios-irmãos de maracujazeiro-azedo segregantes, provenientes do programa de melhoramento do maracujazeiro da Universidade Federal de Viçosa.

As plantas estavam dispostas no campo no espaçamento de 3,0 m entre fileiras e 3,5 m entre plantas, totalizando 950 plantas/ha. A condução das plantas foi feita em

espaldeira vertical com 1,80 m de altura em fio galvanizado número 12, sendo realizados todos os tratamentos culturais normalmente recomendados à cultura.

Nesta população, formada por 75 progênies, selecionaram-se as 19 progênies, e de cada progênie uma ou duas plantas, as quais apresentavam vigor vegetativo e reprodutivo superior às demais (Tabela 1). De cada planta, foram colhidos 35 frutos, aleatoriamente, e mensuradas as seguintes características físicas do fruto: massa média (g), massa média da polpa (g), massa média da casca (g), comprimento longitudinal (mm), diâmetro equatorial (mm) e espessura da casca (mm).

TABELA 1 – Plantas de maracujazeiro-azedo selecionadas nas quais as características foram mensuradas e sua origem

Tratamento	Progênie	Planta	Ascendência	Referência da origem
1	04	2	G1 B1 4	Neves (2006)
2	07	2	G1 B1 8	II
3	09	1	G1 B1 15	II
4	10	2	G1 B1 20	II
5	12	4	G1 B1 23	II
6	14	2	G1 B1 33	II
7	15	4	G1 B1 35	II
8	16	1	G1 B1 40	II
9	16	3	G1 B1 35	II
10	21	4	G2 B1 55	II
11	23	3	G2 B1 57	II
12	25	4	G2 B1 59	II
13	29	4	G3 B1 85	II
14	39	3	G3 B1 118	II
15	43	3	B1 23 P1 1	Negreiros (2006)
16	51	4	B2 37 P1 3	II
17	53	4	B3 26 P1 2	II
18	54	1	B3 29 P1 3	II
19	54	4	B3 29 P1 3	II
20	55	4	B3 41 P1 3	II
21	74	1	B3 R4 13	Nunes (2006)

Nas determinações métricas utilizou-se paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e as massas foram obtidas com auxílio de balança eletrônica de 0,01g de precisão. A espessura da casca foi medida na região equatorial do fruto.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelos métodos de análise de variância (ANOVA); componentes principais (CP), com base na matriz de correlações e de covariâncias; e análise estrutural (AE), com base na matriz de correlações.

No método de análise de variância, o coeficiente de repetibilidade é estimado por meio dos resultados da análise de variância, segundo o modelo:

$Y_{ij} : \mu + g_i + \varepsilon_{ij}$, em que:

Y_{ij} : observação referente ao i -ésimo ambiente (época de avaliação);

μ : média geral;

g_i : efeito aleatório da i -ésima família sob a influência do ambiente permanente ($i = 1, 2, \dots, p$);

ε_{ij} : efeito do ambiente temporário associado à j -ésima medição no i -ésima família ($j = 1, 2, \dots, \eta$).

O coeficiente de repetibilidade foi dado por:

$$r = \hat{\rho} = \frac{C\hat{o}v(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{ij})\hat{V}(Y_{ij'})}} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_Y^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_g^2}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} e $Y_{ij'}$ são as diferentes medidas, realizadas num mesmo indivíduo.

Assim, foram estimados os resultados da análise de variância para cada variável descrita, e estimados os componentes de variância associados aos efeitos genético e residual.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelo método dos componentes principais, com base tanto na matriz de correlações como na matriz de covariâncias entre cada par de medições avaliadas nas diferentes famílias de maracujazeiro-azedo.

Também foram obtidas as estimativas de repetibilidade pelo método da análise estrutural, com base na matriz de correlações entre as famílias em cada par de avaliação, conforme proposto por MANSOUR et al. (1981). De acordo com CRUZ et

al. (2004), este estimador é a média aritmética das correlações fenotípicas entre genótipos, considerando cada par de medições.

Uma vez estimado o coeficiente de repetibilidade (r), a estimativa do número de medições (η_0) necessárias para se prever o valor real dos indivíduos com o valor de determinação genotípica (R^2) desejado foi obtida pela expressão:

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

O coeficiente de determinação genotípica (R^2), que representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em n medições foi obtido pela equação:

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

As estimativas foram obtidas através do procedimento repetibilidade do programa GENES (CRUZ, 2001; versão 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância para todas as características, verificou-se diferenças significativas entre as progênies estudadas, demonstrando que o componente de variância genético confundido com os efeitos permanentes do ambiente é significativo nesta população, fato este relevante nos programas de melhoramento, visando a otimização do número de medições.

As estimativas do coeficiente de repetibilidade obtidas, com relação às seis características por meio dos quatro métodos estatísticos utilizados, encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4 e 5. Houve concordância nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade de cada característica obtidos pelos diferentes métodos, conferindo-lhes maior confiabilidade.

Tabela 2: Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método de análise de variância para as características massa de fruto (MF), massa de polpa com semente (MP), massa da casca (MC), comprimento longitudinal (CF), diâmetro equatorial (DF) e espessura da casca do fruto (EC), em 35 medições, em 19 famílias de maracujazeiro-azedo

Característica	Valor obtido a partir de 35 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	η_0 ⁽¹⁾
MF	0,27	93,15	0,80	10 (10,294)
			0,85	14 (14,583)
			0,90	23 (23,162)
			0,95	49 (48,897)
			0,99	255 (254,778)
MP	0,41	96,11	0,80	5 (5,578)
			0,85	8 (7,903)
			0,90	12 (12,551)
			0,95	26 (26,497)
			0,99	138 (138,064)
MC	0,38	95,62	0,80	6 (6,404)
			0,85	9 (9,072)
			0,90	14 (14,408)
			0,95	30 (30,417)
			0,99	158 (158,487)
CF	0,48	97,03	0,80	4 (4,287)
			0,85	6 (6,074)
			0,90	9 (9,646)
			0,95	20 (20,356)
			0,99	106 (106,11)
DF	0,33	94,62	0,80	8 (7,950)
			0,85	11 (11,262)
			0,90	18 (17,887)
			0,95	38 (37,762)
			0,99	197 (196,758)
EC	0,14	85,61	0,80	23 (23,524)
			0,85	33 (33,326)
			0,90	53 (52,929)
			0,95	112 (111,739)
			0,99	582 (582,221)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Tabela 3: Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método de componentes principais baseado na matriz de correlação para as características massa de fruto (MF), massa de polpa com semente (MP), massa da casca (MC), comprimento longitudinal (CF), diâmetro equatorial (DF) e espessura da casca do fruto (EC), em 35 medições, em 19 famílias de maracujazeiro-azedo

Característica	Valor obtido a partir de 35 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	$\eta_0^{(1)}$
MF	0,30	93,90	0,80	9 (9,089)
			0,85	13 (12,876)
			0,90	20 (20,450)
			0,95	43 (43,173)
			0,99	225 (224,953)
MP	0,44	96,57	0,80	5 (4,972)
			0,85	7 (7,044)
			0,90	11 (11,188)
			0,95	23 (23,619)
			0,99	123 (123,065)
MC	0,40	96,00	0,80	6 (5,831)
			0,85	8 (8,261)
			0,90	13 (13,120)
			0,95	27 (27,697)
			0,99	144 (144,317)
CF	0,49	97,13	0,80	4 (4,137)
			0,85	6 (5,860)
			0,90	9 (9,307)
			0,95	19 (19,649)
			0,99	102 (102,379)
DF	0,36	95,23	0,80	7 (7,008)
			0,85	10 (9,928)
			0,90	16 (15,768)
			0,95	33 (33,289)
			0,99	173 (173,453)
EC	0,57	97,92	0,80	3 (2,970)
			0,85	4 (4,207)
			0,90	6 (6,682)
			0,95	14 (14,107)
			0,99	73 (73,504)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Tabela 4: Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método de componentes principais baseado na matriz de covariância para as características massa de fruto (MF), massa de polpa com semente (MP), massa da casca (MC), comprimento longitudinal (CF), diâmetro equatorial (DF) e espessura da casca do fruto (EC), em 35 medições, em 19 famílias de maracujazeiro-azedo

Característica	Valor obtido a partir de 35 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	η_0 ⁽¹⁾
MF	0,33	94,48	0,80	8 (8,173)
			0,85	11 (11,579)
			0,90	18 (18,390)
			0,95	39 (38,823)
			0,99	202 (202,287)
MP	0,46	96,76	0,80	4 (4,674)
			0,85	6 (6,622)
			0,90	10 (10,517)
			0,95	22 (22,202)
			0,99	115 (115,686)
MC	0,42	96,18	0,80	5 (5,555)
			0,85	8 (7,870)
			0,90	12 (12,499)
			0,95	26 (26,387)
			0,99	137 (137,489)
CF	0,51	97,36	0,80	4 (3,790)
			0,85	5 (5,369)
			0,90	8 (8,528)
			0,95	18 (18,003)
			0,99	94 (93,803)
DF	0,37	95,37	0,80	7 (6,789)
			0,85	9 (9,618)
			0,90	15 (15,276)
			0,95	32 (32,248)
			0,99	168 (168,031)
EC	0,77	99,18	0,80	1 (1,154)
			0,85	1 (1,634)
			0,90	2 (2,594)
			0,95	5 (5,479)
			0,99	28 (28,550)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Tabela 5 - Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições calculados, utilizando o método da análise estrutural baseado na matriz de correlação para as características massa de fruto (MF), massa de polpa com semente (MP), massa da casca (MC), comprimento longitudinal (CF), diâmetro equatorial (DF) e espessura da casca do fruto (EC), em 35 medições, em 19 famílias de maracujazeiro-azedo

Característica	Valor obtido a partir de 35 medições		Número de medições necessárias para diferentes coeficientes de determinação	
	\hat{r}	R^2 (%)	R^2	η_0 ⁽¹⁾
MF	0,28	93,07	0,80	10 (10,424)
			0,85	15 (14,768)
			0,90	23 (23,455)
			0,95	49 (49,515)
			0,99	258 (258,002)
MP	0,42	96,29	0,80	5 (5,390)
			0,85	7 (7,636)
			0,90	12 (12,127)
			0,95	25 (25,602)
			0,99	133 (133,399)
MC	0,39	95,73	0,80	6 (6,241)
			0,85	9 (8,841)
			0,90	14 (14,042)
			0,95	29 (29,645)
			0,99	154 (154,465)
CF	0,48	97,01	0,80	4 (4,311)
			0,85	6 (6,107)
			0,90	9 (9,699)
			0,95	20 (20,476)
			0,99	106 (106,692)
DF	0,34	94,76	0,80	7 (7,738)
			0,85	11 (10,962)
			0,90	17 (17,411)
			0,95	37 (36,756)
			0,99	191 (191,519)
EC	0,56	97,80	0,80	3 (3,151)
			0,85	4 (4,464)
			0,90	7 (7,089)
			0,95	15 (14,967)
			0,99	78 (77,984)

⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Os valores dos coeficientes de repetibilidade para as características do fruto variaram entre 0,14 e 0,77, observados para a característica espessura da casca. Esta característica apresentou os maiores valores ocorridos, 0,56, 0,57 e 0,77, obtidos pelas metodologias da análise estrutural baseado em matriz de correlação (Tabela 5),

componentes principais baseado em matriz de correlação (Tabela 3) e componentes principais baseado em matriz de covariância (Tabela 4), respectivamente.

NEVES (2006) relatou que os menores coeficientes de repetibilidade para as características do fruto do maracujazeiro-azedo foram obtidos empregando-se a análise de variância. Esse resultado corrobora os encontrados no presente estudo, em que a análise de variância apresentou os menores valores do coeficiente de repetibilidade perante as outras metodologias empregadas. LOPES et al. (2001) determinaram as estimativas do coeficiente de repetibilidade em acerola, utilizando os métodos da análise de variância, componentes principais e análise estrutural, e também verificaram coeficientes sempre menores quando obtidos pelo método da análise de variância. Estudos realizados em seringueira (VASCONCELLOS et al., 1985), *Pinus* (CORNACCHIA et al., 1995) e maracujá (NEGREIROS, 2006) também demonstram que as estimativas obtidas pelo método da ANOVA foram sempre inferiores às obtidas pela análise multivariada.

Segundo CRUZ et al. (2004), o método da análise estrutural, proposto por MANSOUR et al. (1981), apresenta apenas diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais e, portanto, as estimativas obtidas pelos respectivos métodos tendem a ser próximas. Quando os valores das estimativas do coeficiente de repetibilidade são menores, a diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos aumenta, como ocorre com a característica espessura da casca, fato também verificado por VASCONCELLOS et al. (1985), LOPES et al. (2001) e NEGREIROS (2006).

A metodologia dos componentes principais baseados em matriz de correlação e na matriz de covariância (Tabela 3 e 4) apresentaram coeficientes quase sempre maiores ou iguais aos obtidos pelas demais metodologias. Esta observação está de acordo com as verificadas por NEVES (2006), segundo quem as metodologias de componentes principais baseados em matriz de correlação e covariância foram superiores aos demais métodos para o maracujazeiro-azedo.

Ao estimar os coeficientes de repetibilidade para massa do fruto, da polpa e da casca, estes variaram entre 0,27 a 0,46 e o coeficiente de determinação, em torno de 95%. Assim, o número mínimo de medições necessárias para predizer o valor real dos

genótipos, com 90% de acurácia para massa do fruto, da polpa e da casca será de 18, 10, e 12, respectivamente, pelo método dos componentes principais com base na matriz de co-variância. NEVES et al. (2005) verificaram que seriam necessários 15 e 16 medidas para massa do fruto e massa da polpa para alcançar um coeficiente de determinação de 90% por meio do mesmo método também em maracujazeiro-azedo, estando estes valores próximos.

Quanto ao número de medições necessário para a predição dos genótipos quanto às características comprimento longitudinal e diâmetro equatorial do fruto pelo método dos componentes principais com base na matriz de co-variância são necessárias 8 e 15 medições, respectivamente, para uma acurácia de 90%. Entretanto, NEVES et al. (2005) determinaram que seria necessárias no mínimo 7 e 10 medidas para as características comprimento e diâmetro do fruto, valores estes próximos dos obtidos no presente estudo.

NEGREIROS (2006) observou que há regularidade de um ciclo para outro nas características massa do fruto, da polpa e da casca. Assim, as avaliações realizadas no primeiro ciclo de cultivo do maracujazeiro-azedo reduziram o tempo gasto no programa de melhoramento para a obtenção de indivíduos superiores, e promoveriam maior eficiência do processo.

Desta forma, serão necessárias, no mínimo, 18 medições (frutos) para se obter os valores de massa média dos frutos com 90% de acurácia nas avaliações a ser realizadas no primeiro ano de produção. Segundo LINHALES (2007), a realização das avaliações no primeiro ano de produção gera resultados satisfatórios, os quais praticamente se reproduzem no segundo ano, podendo ela ser recomendada por reduzir o custo e o tempo de realização do ciclo de seleção.

CONCLUSÕES

Há diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtido pelo método da ANOVA e pelos métodos multivariados.

O método dos componentes principais com base na matriz de covariância sempre apresentou estimativas maiores, principalmente para espessura da casca e comprimento longitudinal do fruto.

A realização de 18 medições será suficiente para predizer o valor real dos indivíduos com 90% de acurácia no primeiro ano de produção, com relação à massa fresca do fruto, massa de polpa e casca, comprimento longitudinal e diâmetro equatorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of genetics**, Bangalore, v. 61, n. 1, p. 27-51, 1972.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (ed.) **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa:UFV, 2002. p. 373-409.

CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; LOBO, P. R.; PIRES, I. E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguiluz, Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 333-345, 1995.

COSTA, J. G. de. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 263-266, 2003.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: versão Windows**; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 648p. (versão 2006), 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e de Estatística. **Indicadores**: produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 nov. 2007.

LINHALES, H. **Seleção em famílias de irmãos completos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no segundo ano de produção**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. de. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.507-513, 2001.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E. V.; RULEDGE, J. J. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 60, p. 151-156, 1981.

NEGREIROS, J. R. da S. **Seleção combinada, massal, entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*)**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NEVES, L. G. **Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NEVES, L. G.; BRUCKNER, C. H.; VIANA, A. P.; CRUZ, C. D.; GONÇALVES, G. M.; MORGADO, M. A. D. O.; PIMENTEL, L. D. Estimação do coeficiente de repetibilidade no maracujazeiro-amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., Gramado, 2005. **Anais**. Gramado: CD-room, 2005.

NUNES, E. S. **Seleção entre e dentro de famílias de irmãos completos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)**. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PIMENTEL, L. D. **Determinação do período de avaliação da produção em maracujazeiro amarelo para fins de seleção precoce**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

VASCONCELLOS, M. E. C.; GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 433-437, 1985.

5. ARTIGO IV

ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FRUTO EM PROGÊNIES DE MARACUJAZEIRO-AZEDO

RESUMO

Há relatos de que o rendimento de suco do maracujazeiro-azedo varia entre 26 a 31,5% em relação ao peso do fruto. Objetivou-se neste trabalho promover o estudo das características físicas dos frutos de progênies de maracujazeiro-azedo e as correlações existentes entre estas características. De cada progênie, foram colhidos vários frutos resultantes de polinização natural, pesados e divididos em duas classes de massa do fruto (1: 180 a 230g e 2: 80 a 130 g). Posteriormente, das classes de massa, foram retirados 2 frutos, aleatoriamente, para serem mensuradas as seguintes características físicas: massa média (g), massa média da casca (g), massa média de sementes (g), massa média de suco (g), comprimento longitudinal (mm), diâmetro equatorial (mm), espessura da casca (mm), número de sementes, quantidade de suco por semente (g), relação entre a espessura da casca e o raio, relação entre o comprimento longitudinal e o diâmetro equatorial, rendimento de suco (%), percentagem de casca (%), percentagem de semente (%) e a percentagem de resíduo (%). Os resultados obtidos possibilitaram concluir que a espessura da casca varia com a massa do fruto, de modo que a avaliação da espessura da casca em frutos de diferentes massas pode provocar equívocos na avaliação de progênies. Houve interação entre as progênies e as classes de massa do fruto nas características massa da casca e massa de sementes do fruto. O diâmetro equatorial do fruto apresentou maior correlação com a massa fresca do fruto, quando comparado ao comprimento

longitudinal, indicando a viabilidade de seleção indireta de progênies com maior massa do fruto pela avaliação do diâmetro.

Termos para indexação: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, progênies, seleção

STUDY OF PHYSICAL FRUIT TRAITS IN PROGENIES OF PASSION FRUIT

ABSTRACT

Passion fruit varies in size, weight, form, number of seeds, skin thickness, acidity, soluble solid contents and juice contents, which varies among 26 to 31,5%. Physical traits of the fruits of several progenies were evaluated and the correlations among them were studied. The fruits, originated of natural pollination, were picked up at the harvest stage and classified in two weight classes: 1 - 180 to 230 g and 2 - 80 to 130 g. Of each class there were sampled two fruits to evaluate the medium mass of the fruit (g), medium mass of the skin (g), medium mass of the seeds (g), medium mass of the juice (g), longitudinal length and equatorial diameter of the fruit (mm), thickness of the skin (mm), number of seeds, juice weight per seed (g), ratio skin thickness/ fruit ray, ratio longitudinal length/equatorial diameter, juice content (%), skin ratio (%), seed ratio (%) and residues (%). Interaction between progenies and mass classes were found between mass of the pulp and mass of the seeds. The thickness of the skin varied among the mass classes, indicating that skin evaluation of different fruit sizes can lead to misunderstandings and hazard the selection procedures. The equatorial diameter can be recommended for indirect fruit mass selection because it has higher correlation than of fruit mass with longitudinal length. The juice content (%) was correlated with juice weight per seed.

Index terms: *Passiflora edulis*, progenies, selection, fruit quality

INTRODUÇÃO

O maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.), originário da América tropical, é cultivado em todo o território nacional (BRUCKNER et al., 2002), devido à apreciação por seus frutos. É comercializado tanto *in natura* como na forma de produtos industrializados (ATAÍDE et al., 2006).

O Brasil é o primeiro produtor mundial de maracujá, sendo que no ano de 2004, a produção brasileira foi de 491.619 t, com rendimento médio de 13.441 kg/ha (IBGE, 2007).

A cultura do maracujazeiro vem aumentando de importância no Brasil nos últimos anos, sendo o país o maior produtor e consumidor mundial, gerando renda no País. Soma-se ainda que indústria brasileira de sucos/polpa vem crescendo em função do aumento no consumo mundial de sucos e ao fato do maracujá estar entre as nove principais fruteiras cultivadas no país (FERNANDES, 2006).

O melhoramento genético do maracujazeiro já trouxe avanços significativos em relação ao incremento da produtividade, melhoria da qualidade de frutos e busca de genótipos resistentes ou tolerantes a doenças e pragas importantes na cultura (BRUCKNER et al., 2002; LINHALES, 2007).

Para o estabelecimento de programas de melhoramento desta espécie, torna-se de fundamental importância investigar a estrutura genética das populações cultivadas para a identificação de genitores promissores e a geração de híbridos suficientemente heteróticos para a consequente obtenção de segregantes superiores (NEVES, 2006).

Desta forma, a seleção de fenótipos superiores, sejam indivíduos ou famílias, é uma prática de considerável importância para o melhorista, uma vez que a obtenção de populações melhoradas passa pela seleção e recombinação de indivíduos ou famílias (BRUCKNER et al., 2002).

No tocante ao maracujá *in natura*, os consumidores, em geral, preferem frutos maiores, de aparência atraente, e com elevada quantidade em suco. Na indústria de suco, há preferência por frutos de alto rendimento em suco e com maior teor de sólidos solúveis totais (NASCIMENTO, 1999; OLIVEIRA et al., 1994).

Diversos pesquisadores relatam que o rendimento de suco do maracujazeiro-amarelo varia entre 26 a 31,5% em relação ao peso do fruto (SJOSTROM & ROSA, 1977; LIPITOA & ROBERTSON, 1977; LARA et al., 1980). Entretanto, outros autores relatam variações no rendimento de suco em decorrência da época de produção (NASCIMENTO et al., 1999), grau de maturação (ARAÚJO et al., 1974; AULAR et al., 2000) e variedades cultivadas (FARIAS et al., 2005).

Desta forma, objetivou-se neste trabalho promover o estudo das características físicas dos frutos de progênies de maracujazeiro-azedo, e as correlações existentes entre estas características.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, analisando-se vinte progênies de meios-irmãos de maracujazeiro-azedo provenientes do programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa/MG.

As plantas estavam dispostas no campo no espaçamento de 3,0 m entre fileiras e 3,5 m entre plantas, totalizando 950 plantas/ha. A condução das plantas foi feita em espaldeira vertical com 1,80 m de altura em fio galvanizado número 12, sendo realizados todos os tratamentos culturais normalmente recomendados à cultura.

Nesta população, formada por 75 progênies, selecionaram-se as 20 progênies e, de cada progênie, a melhor planta, a qual apresentava vigor vegetativo e reprodutivo superior às demais. De cada planta, foram colhidos vários frutos resultantes de polinização natural, encaminhados ao Laboratório de Análise de Frutas do Departamento de Fitotecnia, onde foram pesados e divididos em duas classes de massa do fruto (1 → 180 a 230g e 2 → 80 a 130 g). Desta divisão em classes, retirou-se 2 frutos, aleatoriamente, para cada classe de massa, nos quais foram mensuradas as seguintes características físicas: massa média (g), massa média da casca (g), massa média de sementes (g), massa média de suco (g), comprimento longitudinal (mm), diâmetro equatorial (mm), espessura da casca (mm), número de sementes, massa de suco por semente (g), relação entre a espessura da casca e o raio, relação entre o

comprimento longitudinal e o diâmetro equatorial, rendimento de suco (%), percentagem de casca (%), percentagem de semente (%) e a percentagem de resíduo (%).

Nas determinações métricas, utilizou-se paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, e as massas foram obtidas com auxílio de balança eletrônica de 0,01g de precisão. A espessura da casca foi medida na região equatorial do fruto. O suco foi obtido, batendo-se a polpa no liquidificador, com hélice protegida por fita adesiva, de forma intermitente, sem danificar as sementes (SÃO JOSÉ, 1994), passando em seguida por peneira de malha fina. Posteriormente, determinou-se a massa do suco e o rendimento de suco, que foi determinado pelo coeficiente entre a massa do suco e a do fruto, expresso em porcentagem. As sementes, depois de separadas da polpa, foram contadas manualmente. A percentagem de casca do fruto, percentagem de semente por fruto e resíduo (impurezas que sobram após a extração do suco), foi determinada pelo coeficiente entre as massas destas variáveis e a do fruto. A relação massa de suco por semente foi obtida pelo coeficiente entre a massa de suco por fruto e o número de sementes presentes no fruto. A relação espessura de casca/raio do fruto foi obtida por relação direta, sendo o raio a metade do diâmetro equatorial, e a relação comprimento longitudinal/diâmetro equatorial foram obtidas pela relação direta entre as duas características.

Foi realizada correlação simples (*Pearson*) entre as variáveis analisadas. A estimação do coeficiente de correlação fenotípico (r_f) entre dois caracteres, X e Y , foi realizada de acordo com CRUZ et al. (2004), que recomendam as análises individuais, segundo um modelo estatístico apropriado, e a análise da soma dos valores de X e Y , de forma que os produtos médios (covariâncias), associados a cada fonte de variação, possam ser estimados. O estimador do coeficiente de correlação fenotípica é dado por:

$$r_f = \frac{COV(X; Y)}{\sqrt{V(X) \cdot V(Y)}}, \text{ sendo:}$$

$COV(X; Y)$ = covariância fenotípica entre as variáveis X e Y ;

$V(X)$ = variância fenotípica da variável X ;

$V(Y)$ = variância fenotípica da variável Y .

O experimento foi instalado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as progênies e nas subparcelas as classes de massa do fruto (1 e 2). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 2 repetições e um fruto por unidade experimental. Os dados referentes a percentagens sofreram transformação em $\arcsen\sqrt{\frac{x}{100}}$, e o referente ao número de sementes em \sqrt{x} , posteriormente foram submetidos à análise pelo aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2001), versão 2006, como também a estimação dos coeficientes de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Os resultados da análise de variância para as características, como também, as médias das duas classes de massa e os valores do coeficiente de variação para progênies e classes de massa estão apresentados nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5.

Para todas as características, com exceção da massa média do fruto, verificou-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as médias das progênies estudadas, evidenciando a ocorrência de variabilidade nessa população. FALEIRO et al. (2005) relataram que o maracujazeiro é uma planta com ampla variabilidade genética, a qual deve ser convenientemente utilizada em programas de melhoramento genético. Desta forma, a variabilidade demonstrada é condição essencial para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético, e deve ser explorada com vistas a melhorias nas qualidades do fruto.

MASSA FRESCA DO FRUTO

Verificou-se que a massa fresca do fruto não diferiu significativamente entre as progênies, comportamento este esperado, devido à padronização prévia dos frutos em classes de massa fresca. Do mesmo modo, a diferença significativa ($P < 0,01$) entre as

classes era esperada. Estes resultados confirma a adequada separação dos frutos nas classes pré-estabelecidas.

TABELA 1 – Resumo da análise de variância da massa fresca do fruto (g) de progênies de maracujazeiro, quanto às duas classes de massa do fruto

F.V.	G.L.	Quadrado Médio
Genótipos (G)	19	130,175 ^{ns}
Erro A	20	205,219
Classes (C)	1	150832,396**
G x C	19	213,741 ^{ns}
Erro B	40	123,186
	Média da classe 1	198,78
	Média da classe 2	111,93
	C.V. (%) Erro A	9,22
	C.V. (%) Erro B	7,14

** F significativo a 1% de probabilidade.

* F significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade.

DIMENSÕES EXTERNAS

Quanto ao comprimento longitudinal (COM), diâmetro equatorial do fruto (DIAM) e relação entre o comprimento longitudinal/diâmetro equatorial (COD) observou-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as progênies, demonstrando a ocorrência de variabilidade entre as famílias de meios-irmãos quanto à forma dos frutos. Em relação as classes de massa, houve diferenças entre elas no tocante a COM e DIAM, mas não a COD (Tabela 2), indicando que a forma do fruto não foi influenciada pela sua massa.

TABELA 2 – Resumo da análise de variância do comprimento longitudinal (COM), diâmetro equatorial (DIAM) e da relação entre o comprimento longitudinal e o diâmetro equatorial (COD) do fruto de progênes de maracujazeiro, quanto às duas classes de massa do fruto

F.V.	G.L.	Quadrados Médios		
		COM (mm)	DIAM (mm)	COD
Genótipos	19	91,214**	36,568**	0,0180**
Erro A	20	18,649	6,195	0,0031
Classes	1	3078,300**	3015,968**	0,0136 ^{ns}
G x C	19	14,609 ^{ns}	9,222 ^{ns}	0,0035 ^{ns}
Erro B	40	11,450	8,589	0,0041
Média da classe 1		86,44	75,92	1,1395
Média da classe 2		74,03	63,64	1,1657
C.V. (%) Erro A		5,38	3,56	4,83
C.V. (%) Erro B		4,21	4,19	5,55

** F significativo a 1% de probabilidade.

* F significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade.

SÃO JOSÉ (1994) considera desejável que o fruto apresente massa acima de 200g e formato ovalado. No presente estudo, a relação entre o comprimento longitudinal e o diâmetro equatorial apresentou valores superiores a 1, significando que todos tendem a ser ovais. AKAMINE et al. (1974) recomendam a seleção de plantas com frutos de forma ovalada por, supostamente, apresentarem maior teor de suco, entretanto NEGREIROS et al. (2007) observaram, em estudo sobre correlações entre as características físicas do maracujazeiro-azedo, que o rendimento de polpa não possui correlação com a forma redonda ou ovalada do fruto.

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS À CASCA DO FRUTO

A massa fresca da casca dos frutos (MCASC) foi influenciada pelas progênes, pelas classes de massa e apresentou interação entre os fatores, demonstrando que as progênes possuem comportamentos distintos quanto à massa fresca da casca nas duas classes de massa analisadas (Tabela 3). Os resultados demonstram que a maior percentagem de casca foi observada nos frutos da classe 2 (50,27%), nos quais metade da massa fresca do fruto é composta por casca, enquanto nos frutos pertencentes a classe 1 esse valor foi de 44,05%. AULAR et al. (2000) relatam que a maior

percentagem de casca do fruto em relação à massa fresca é obtida aos 53 dias, quando ainda se encontram em início do desenvolvimento, posteriormente esta proporção tende a reduzir-se. Pelos dados deste trabalho, verificou-se que a percentagem de casca é variável com o tamanho de fruto amostrado, no ponto de colheita. Os resultados indicam que, mesmo para a indústria, deve-se selecionar plantas com frutos maiores, que terão menores percentagem de casca.

TABELA 3 – Resumo da análise de variância da massa fresca da casca (MCAS), espessura da casca (ECAS), percentagem de casca (PC) e a relação entre espessura de casca e o raio equatorial (ECR) do fruto de progênes de maracujazeiro, quanto às duas classes de massa do fruto

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		MCAS (g)	ECAS (mm)	PC	ECR
Genótipos	19	409,194**	2,459**	0,013**	0,00227**
Erro A	20	66,351	0,301	0,001	0,00035
Classes	1	19750,926**	1,827*	0,079**	0,00153*
G x C	19	65,718*	0,308 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,00032 ^{ns}
Erro B	40	25,654	0,193	0,001	0,00026
Média da classe 1		87,59	3,54	44,05	0,1065
Média da classe 2		56,16	3,24	50,27	0,0937
C.V. (%) Erro A		11,33	16,17	4,21	3,56
C.V. (%) Erro B		7,04	12,95	4,06	4,19

** F significativo a 1% de probabilidade.

* F significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade.

Na espessura da casca (ECAS), ocorreram diferenças significativas entre as progênes, o que demonstra ainda haver variabilidade entre as progênie, apesar de serem progênes obtidas de ciclos de seleção visando redução na espessura da casca. Entretanto, ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as classes de frutos, demonstrado que frutos da classe 2 apresentam menores valores de espessura da casca. Este resultado indica que a espessura é variável com o tamanho do fruto, o que deve ser considerado na avaliação de frutos, para assegurar o adequado progresso genético.

Desta maneira, os programas de melhoramento do maracujazeiro devem atentar-se para o fato de padronização do tamanho do fruto a serem avaliados, para

que não ocorram inconvenientes na seleção de progênies para menor espessura da casca, condicionando a seleção de plantas com frutos de massa reduzida.

Quanto à relação entre a espessura da casca e o raio equatorial do fruto (ECR), observaram-se diferenças entre progênies e entre as classes de massa. Como a ECR difere entre as classes, ela não é adequada como padronização da avaliação da espessura da casca.

OLIVEIRA et al. (1988) obtiveram espessura de casca de maracujá-amarelo, variando de 4,00 mm a 6,70 mm, e que não há relação entre a massa do fruto e a espessura da casca. O híbrido IAC-277, avaliado por BATISTA et al. (2005), apresentou espessura média de casca de 4,79 mm. No presente estudo as progênies avaliadas apresentaram espessuras em média de 3,54 mm e 3,24 mm para frutos pertencentes a classe 1 e 2, respectivamente, revelando que seleção ao longo do tempo para esta característica está sendo eficiente.

VIANA et al. (2004), estudando populações de maracujazeiro-amarelo propagadas vegetativamente e cultivadas em dois ambientes, não verificaram diferenças entre os ambientes para a espessura da casca, sendo que esta apresentou valores de 3,69 e 3,59 mm, nos ambientes de Macaé, RJ e Campos dos Goytacazes, RJ, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AO SUCO DO FRUTO

A massa de suco apresentou diferenças significativas entre progênies e entre as classes de massa do fruto, demonstrando que frutos da classe 1 apresentam maiores quantidades de suco. De forma semelhante, o rendimento de suco, em percentagem, foi maior nos frutos da classe 1, que apresentou rendimento de 35,83%, enquanto na classe 2 o rendimento foi de 32,38% (Tabela 4). O rendimento médio de suco foi na mesma faixa e superior aos padrões recomendados para a indústria, que deve estar entre 30 e 33% (HAENDLER, 1965; SOUZA & SANDI, 2001). Entretanto, VERAS et al. (1997) e BATISTA et al. (2005) encontraram valores maiores de rendimento em diversas seleções analisadas, com valores em torno de 40%. O rendimento médio de suco encontrado neste trabalho foi semelhante ao encontrado por VIANA et al.

(2004), que foi de 34,58%. A diferença no rendimento de suco entre as classes de massa, superior a 3%, indica que a seleção de frutos maiores atende também as necessidades da indústria, conforme já discutido anteriormente.

Assim, o melhoramento genético do maracujazeiro poderá contribuir significativamente para a obtenção de genótipos superiores, promovendo a elevação da produtividade e qualidade dos frutos (BRUCKNER, 1997; MELETTI, 2002), desejando-se frutos grandes, com alto teor de suco (OLIVEIRA & FERREIRA, 1991).

TABELA 4 – Resumo da análise de variância da massa fresca do suco (MSU), rendimento de suco em percentagem (RS), percentagem de resíduo do suco (RE) e quantidade de suco por semente (SUS) em frutos de progênies de maracujazeiro, quanto às duas classes de massa do fruto

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		MSU (g)	RS	RE	SUS (g)
Genótipos	19	256,509**	0,013**	0,003**	0,0122**
Erro A	20	67,751	0,001	0,0005	0,0007
Classes	1	24381,144**	0,028**	0,015**	0,0217*
G x C	19	83,855 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0020 ^{ns}
Erro B	40	54,463	0,001	0,0006	0,0010
Média da classe 1		71,25	35,83	15,77	0,1971
Média da classe 2		36,34	32,38	13,78	0,2300
C.V. (%) Erro A		15,30	4,18	1,95	12,78
C.V. (%) Erro B		13,717	3,63	2,12	14,89

** F significativo a 1% de probabilidade.

* F significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade.

A percentagem de resíduo por fruto apresentou diferenças ($P < 0,01$) entre progênies e entre as classes de massa. Os frutos pertencentes a classe 1 apresentaram maior rendimento em suco, mas também maior percentagem de resíduo, o qual constituiu-se em 15,77% da massa total do fruto. Contribuiu para o maior rendimento de suco a menor percentagem de casca dos frutos de classe maior (Tabela 3). LIPITOA & ROBERTSON (1977) consideram o resíduo, todas as sobras resultantes da extração do suco, incluídas nestas as sementes, e os valores oscilaram entre 19-20% da massa total do fruto. No presente estudo, ao proceder a soma da percentagem de resíduo com a de semente, encontra-se valores de 20,1 e 17,34%, para frutos da classe 1 e 2, respectivamente.

Ao analisar a quantidade de suco por semente, verifica-se que ocorrem diferenças entre as progênies ($P < 0,01$) entre as classes ($P < 0,05$). A classe 2 apresenta maior quantidade de suco por semente. De acordo com estes resultados, pode-se inferir, que em decorrência de frutos pertencentes à classe 2 apresentarem menores quantidades de sementes que frutos da classe 1, os mesmos armazenam maior massa de suco em cada envoltório de semente.

A quantidade massa de suco por semente desperta interesse em ser incorporada nas avaliações realizadas no programa de melhoramento do maracujazeiro, pois a seleção de genótipos com maior massa de suco por semente indiretamente resultaria na seleção para rendimento superior em suco. A quantificação da massa de suco por semente obtida pela relação entre a massa do suco e o número de sementes, contudo, há alguns inconvenientes associados nesta avaliação. Pode ficar suco aderido à peneira que se utiliza na extração, ocasionando erros no processo de mensuração. Desta maneira, há necessidade de aprofundar as pesquisas na avaliação desta característica promovendo conhecimento suficiente a respeito da mesma e a viabilidade de incorporação desta nas avaliações realizadas nos programas de melhoramento.

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS ÀS SEMENTES DO FRUTO

Quanto à massa de sementes, número de sementes, massa unitária de sementes e percentagem de sementes por fruto (Tabela 5), verificou-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as progênies e entre as classes de massa, exceto na massa unitária de semente. Houve interação entre os fatores para a massa fresca das sementes, desta forma, as progênies estudadas apresentam comportamento diferenciado quanto a massa de sementes em cada classe de massa do fruto. Assim, dentro da mesma classe de massa, há progênies que apresentam elevada massa de semente, em contradição a outras com reduzida massa.

A massa fresca das sementes foi consequência do número de sementes, que também variou entre progênies e entre as classes, uma vez que a massa unitária das

sementes não diferiu entre as classes, embora tenha havido diferenças entre as progênes.

TABELA 5 – Resumo da análise de variância da massa fresca de sementes (MSE), número de sementes (NSE), percentagem de semente (PS) e a massa fresca unitária de semente (MUS) em frutos de progênes de maracujazeiro, quanto às duas classes de massa do fruto

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		MSE	NSE	PS	MUS
Genótipos	19	3,405**	11,983**	0,001**	0,000029**
Erro A	20	0,939	4,790	0,0001	0,000001
Classes	1	423,660**	852,032**	0,008**	0,000002 ^{ns}
G x C	19	2,073*	6,645 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Erro B	40	0,827	4,732	0,0002	0,000001
Média da classe 1		8,61	371,8	4,33	0,0233
Média da classe 2		4,00	171,4	3,56	0,0237
C.V. (%) Erro A		15,36	13,72	1,01	3,94
C.V. (%) Erro B		14,42	13,64	1,05	4,84

** F significativo a 1% de probabilidade.

* F significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} F não significativo a 5% de probabilidade.

O número médio de sementes por fruto foi de 371,8 e 171,4 nas classes 1 e 2, respectivamente. NASCIMENTO et al. (2003) observaram a média de 281 sementes por fruto, estando superior aos resultados encontrados por NASCIMENTO et al. (1999), MELETTI et al. (1992) e SENTER et al. (1993), com 248, 180 e 118 sementes por fruto, respectivamente.

As sementes representam menos que 5% da massa fresca total do fruto, corroborando os resultados obtidos por CARVALHO et al. (2000), que encontrou valor de 5,5% de sementes.

AKAMINE & GIROLAMI (1957) relatam a existência de correlação positiva entre o número de sementes por fruto e a quantidade de suco, deste modo, maiores quantidades de sementes tendem a proporcionar maiores rendimentos de suco. Pelos dados do presente trabalho, embora frutos maiores e com maior número de sementes tenha maior rendimento em suco, a massa de suco por semente foi menor em frutos com maior quantidade de sementes.

CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS

O conhecimento da correlação entre caracteres, nos programas de melhoramento genético, é importante quando se deseja fazer seleção simultânea de caracteres ou seleção indireta, principalmente quando o caráter de interesse apresenta baixa herdabilidade, problemas de medição ou de identificação (CARVALHO et al., 1999).

BRUCKNER et al. (2002) ponderam que é necessário obter índices para realizar a seleção indireta de produtividade, uma vez que o maracujazeiro floresce e produz durante vários meses do ano, tornando trabalhosa a avaliação das plantas. Como a qualidade do fruto depende de várias características físicas, é importante determinar quais características têm maior efeito na qualidade dos frutos e que poderão ser empregadas na seleção de melhores frutos, facilitando as avaliações.

Quanto às correlações existentes entre as características (Tabela 6), percebe-se que a correlação de maior magnitude foi entre a massa fresca de sementes e número de sementes por fruto ($r=0,963$). O número de sementes foi diretamente proporcional a massa fresca das sementes, uma vez que não houve diferenças significativas entre a massa unitária das sementes e massa fresca das sementes.

TABELA 6 – Correlações fenotípicas entre massa fresca (MF), comprimento longitudinal (COM), diâmetro equatorial (DIAM), massa fresca da casca (MCAS), espessura da casca (ECAS), massa fresca do suco (MSU), massa fresca de sementes (MSE), número de sementes (NSE), rendimento de suco em percentagem (RS), percentagem de casca (PC), percentagem de semente (PS), percentagem de resíduo do suco (RE), massa fresca unitária de semente (MUS), quantidade de suco por semente (SUS), relação entre espessura de casca e o raio equatorial (ECR) e a relação entre o comprimento longitudinal e o diâmetro equatorial (COD) do fruto de progênies de maracujazeiro, quanto a duas classes de massa do fruto

	COM	DIAM	MCAS	ECAS	MSU	MSE	NSE	RS	PC	PS	RE	MUS	SUS	ECR	COD
MF	0,790**	0,904**	0,853**	0,158 ^{ns}	0,889**	0,886**	0,814**	0,285**	-0,426**	0,398**	0,348**	-0,022 ^{ns}	-0,247*	-0,183 ^{ns}	-0,138 ^{ns}
COM	-	0,761**	0,781**	0,111 ^{ns}	0,650**	0,587**	0,502**	0,125 ^{ns}	-0,156 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,111 ^{ns}	-0,052 ^{ns}	-0,171 ^{ns}	0,260*
DIAM		-	0,844*	0,061 ^{ns}	0,763**	0,715**	0,631**	0,178 ^{ns}	-0,265*	0,202 ^{ns}	0,231*	0,053 ^{ns}	-0,141 ^{ns}	-0,307**	-0,246 ^{ns}
MCAS			-	0,433**	0,548**	0,632**	0,554**	-0,177 ^{ns}	0,086 ^{ns}	0,118 ^{ns}	0,140 ^{ns}	0,072 ^{ns}	-0,269 ^{ns}	0,094 ^{ns}	-0,124 ^{ns}
ECAS				-	-0,102 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,051 ^{ns}	-0,464**	0,460**	-0,111 ^{ns}	-0,123 ^{ns}	0,019 ^{ns}	-0,214 ^{ns}	0,924**	-0,135 ^{ns}
MSU					-	0,828**	0,756**	0,671**	-0,727**	0,426**	0,251*	-0,044 ^{ns}	-0,044 ^{ns}	-0,372**	-0,110 ^{ns}
MSE						-	0,963**	0,340**	-0,596**	0,759**	0,553**	-0,192 ^{ns}	-0,492 ^{ns}	-0,217*	-0,217*
NSE							-	0,320**	-0,597**	0,811**	0,585**	-0,427**	-0,615**	-0,194 ^{ns}	-0,167 ^{ns}
RS(%)								-	-0,890**	0,292**	-0,031 ^{ns}	0,076 ^{ns}	0,313**	-0,508**	-0,019 ^{ns}
PC(%)									-	-0,603**	-0,416**	0,229*	0,024 ^{ns}	0,541**	0,064 ^{ns}
PS(%)										-	0,601**	-0,423**	-0,684**	-0,193 ^{ns}	-0,117 ^{ns}
RE(%)											-	-0,295**	-0,562**	-0,212 ^{ns}	-0,086 ^{ns}
MUS												-	0,671**	0,007 ^{ns}	0,118 ^{ns}
SUS													-	-0,142 ^{ns}	0,140 ^{ns}
ECD														-	-0,016 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

Observou-se que o diâmetro equatorial promove maior influência sobre a massa fresca do fruto ($r=0,904$) que o comprimento longitudinal ($r=0,790$), e que a massa do fruto apresentou correlação significativa com massa fresca da casca ($r=0,853$), massa fresca do suco ($r=0,889$), massa fresca de sementes ($r=0,886$), número de sementes ($r=0,814$) e, de menor magnitude com o rendimento em suco ($r=0,285$) e percentagem de resíduo ($r=0,348$). A massa fresca do fruto é composta por massa fresca do suco, da casca, da semente e de resíduos, contudo, pelos valores observados admite-se que a massa fresca do suco influenciou mais a massa fresca do fruto.

Estes resultados estão de acordo com os observados por LINHALES (2007), que, em estudos sobre correlações entre as características de maracujá, observou que a massa da polpa (suco + sementes) promove maior influência na massa fresca do fruto, do que a massa da casca. No entanto, NEGREIROS (2006) obteve resultados inverso e concluiu que frutos muito pesados não necessariamente apresentarão maior quantidade de polpa.

Ocorreram correlações significativas, porém inversas, entre a massa fresca do fruto e a percentagem de casca e quantidade de suco por semente. Fica evidenciado, desta forma, que frutos com elevada massa apresentam menor proporção de casca, o que é interessante para o melhoramento. A menor quantidade de suco por semente, em decorrência do aumento no número de sementes, é confirmada pela correlação inversamente proporcional entre o número de sementes e a quantidade de suco por semente. Porém, o aumento no número de sementes no fruto, resulta em maior rendimento de suco.

AKAMINE & GIROLAMI (1957) observaram que um maior número de sementes correspondem a maior comprimento, diâmetro, massa de frutos e percentagem de suco por fruto.

FERREIRA et al. (1975) encontraram correlações fenotípicas altas e positivas entre o peso do fruto e o comprimento e diâmetro dos frutos do maracujá-amarelo, com valores de correlação de 0,8069 e 0,8796, respectivamente. Os autores também encontraram correlações fenotípicas altas e positivas entre o peso de polpa mais semente e o comprimento e diâmetro do fruto, com coeficientes de correlação de

0,6785 e 0,7671, respectivamente, assim como maior correlação entre o diâmetro do fruto com o volume de suco, ou seja, frutos com maior diâmetro equatorial apresentam maior peso de fruto, maior quantidade de polpa e maior volume de suco. Os resultados encontrados por FERREIRA et al. (1975) estão de acordo com os deste trabalho, além de estarem corroborando os encontrados por NEGREIROS et al. (2007), os quais observaram que frutos com maior diâmetro equatorial apresentam maior peso de polpa, indicando que há a tendência de os frutos de maior diâmetro equatorial terem maior volume de suco.

NEGREIROS et al. (2007) relatam a ocorrência de correlação significativa entre o diâmetro equatorial do fruto e massa do fruto e descrevem que esta correlação é importante, pois indicam que a seleção de plantas com frutos pesados poderá ser feita diretamente no campo, partir da medição do diâmetro equatorial dos frutos, sem a necessidade de pesá-los, reduzindo os trabalhos de seleção.

Ainda relacionado ao diâmetro equatorial do fruto, percebe-se correlação alta e significativa com a massa fresca de suco, ou seja, com o volume de suco, semelhante aos resultados obtidos por FERREIRA et al. (1975), que verificaram a existência de maior correlação do diâmetro com o volume de suco. Entretanto, não verificou-se correlação significativa entre o diâmetro equatorial e a percentagem de suco por fruto.

Um dos objetivos do presente estudo foi de obter informações sobre o rendimento em suco, objetivo este importante no processo seletivo, com vistas à obtenção de famílias com elevado rendimento em suco. Esta variável apresentou correlação significativa com massa fresca do fruto ($r=0,285$), espessura de casca ($r=-0,464$), massa fresca do suco ($r=0,671$), massa fresca das sementes ($r=0,340$), número de sementes ($r=0,320$), percentagem de casca ($r=-0,890$), percentagem de sementes ($r=0,292$), quantidade de suco por semente ($r=0,313$) e a relação entre a espessura da casca e o raio equatorial ($r=-0,508$). Destas variáveis, observou como marcantes, que a redução na espessura da casca promove aumentos no rendimento de suco, e aumentos na massa de suco por semente proporcionam aumento no rendimento de suco, confirmando a necessidade de analisar criteriosamente a incorporação da avaliação da massa de suco por semente nas características avaliadas no processo seletivo dos programas de melhoramento genético do maracujazeiro.

A correlação positiva entre rendimento de suco e massa fresca do fruto indica que a seleção de plantas com frutos grandes pode beneficiar tanto a produção destinada ao mercado “in natura” como à indústria.

CONCLUSÕES

A espessura da casca varia com a massa do fruto, de modo que a avaliação da espessura da casca em frutos de diferentes massas pode provocar equívocos na avaliação de progênies.

Houve interação entre as progênies e as classes de massa do fruto nas características massa da casca e massa de sementes do fruto.

O diâmetro equatorial do fruto apresentou maior correlação com a massa fresca do fruto, quando comparado ao comprimento longitudinal, indicando a viabilidade de seleção indireta de progênies com maior massa do fruto pela avaliação do diâmetro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAMINE, E. M.; ARAGAKI, M.; BEAUMONT, J. H.; BOWERS, F. A. I.; HAMILTON, R. A.; NISHIDA, T.; SHERMAN, G. D.; SHOJI, K.; STOREY, W. B.; MARTINEZ, A. P.; YEE, W. Y. J.; ONSDORFF, T.; SHAN, T. N. **Passion fruit culture in Hawaii**. Hawaii, University of Hawaii, 1974. 35p. (Circular, 345)

AKAMINE, E. K.; GIROLAMI, G. Problems in fruit set in yellow passion fruit. **Hawaii Farm Science**, Honolulu, v. 5, n. 4, p. 3-5, 1957.

ARAÚJO, C. M.; GAVA, A. J.; ROBBS, P. G.; NEVES, J. F.; MAIA, P. C. B. Características industriais do maracujá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) e maturação do fruto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 65-69, 1974.

ATAÍDE, E. M.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C. de; RODRIGUES, J. D.; BARBOSA, J. C. Efeito de giberelina (GA₃) e do bioestimulante ‘Stimulate’ na indução floral e produtividade do maracujazeiro-amarelo em condições de safra normal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 343-346, 2006.

AULAR, J.; RUGGIERO, C.; DURIGAN, J. F. Influência da idade na colheita sobre as características dos frutos e do suco, de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. especial, p. 6-8, 2000.

BATISTA, A. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P.; LAGE, D. A. da C.; ALENCAR, C. M.; COSTA, D. G. P. da; REZENDE, L. N. Características físico-químicas de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) cultivadas no Distrito Federal. In: REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISAS EM MARACUJAZEIRO, 4., 2005, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa, 2005. p. 132-136.

BRUCKNER, C.H. Perspectivas do melhoramento genético do maracujazeiro. In: Manica, I. (ed) **Maracujá: melhoramento, morte, morte prematura, polinização, taxonomia**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. p. 25-46.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (ed.) **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa:UFV, 2002. p. 373-409.

CARVALHO, A. J. C. de, MARTINS, D. P.; MONNERAT, P. H.; BERNADO, S. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. I. Produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1101-1108, 2000.

CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, V. R.; CRUZ, C. D.; CASALI, V. W. D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 603-613, 1999.

CRUZ, C. D. **Programa GENES** – versão windows – Aplicativo computacional em genética e estatística (versão 2006). Viçosa: UFV, 2001. 642p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro – Desafios da pesquisa. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p. 187-210.

FARIAS, M. A. A.; FARIA, G. A.; CUNHA, M. A. P. da; PEIXOTO, C. P.; SOUSA, J. S. Caracterização física e química de frutos de maracujá amarelo de ciclos de seleção massal estratificada e de populações regionais. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 2, p. 83-87, 2005.

FERNANDES, M. S. Perspectivas de mercado da fruta brasileira. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2006, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio, RJ, 2006. p. 4-12.

FERREIRA, F.R.; VALLINI, P.C.; RUGGIERO, C.; LAM-SANCHEZ, ALFREDO. Correlações fenotípicas entre diversas características do fruto do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., 1975, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1975. p. 481-489.

HAENDLER, L. La passiflora: as composition chimique et ses possibilités de transformation. **Fruits**, Paris, v. 20, n. 5, p. 235-245, 1965.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e de Estatística. **Indicadores**: produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 nov. 2007.

LARA, J. C.; TOCCHINI, R. P.; HASHIZUME, T.; MEDINA, J. C. Processamento: produtos, caracterização e utilização. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS. **Maracujá**. São Paulo, ITAL, 1980. p. 115-153. (Séries Frutas Tropicais)

LINHALES, H. **Seleção em famílias de irmãos completos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) no segundo ano de produção**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LIPITOA, S.; ROBERTSON, G. L. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. **Tropical Science**, West Sussex, v. 19, p. 105-112, 1977.

MELETTI, L. M. M. Tendências e perspectivas da pesquisa em melhoramento genético do maracujazeiro. In; REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISA EM MARACUJAZEIRO, 3, 2002. Viçosa. **Anais...**Viçosa/MG: UFV/DFT, 2002. p. 81-87.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; PINTO-MAGLIO, C. A. F.; MARTINS, F. P. Caracterização de germoplasma de maracujazeiro (*Passiflora sp*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 2, p. 157-162, 1992.

NASCIMENTO, T. B. do; RAMOS, J. D.; MENEZES, J. B. Características físicas do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2353-2358, 1999.

NASCIMENTO, W. M. O. do; TOMÉ, A. T.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; MULLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. de. Seleção de progênies de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) quanto à qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 186-188, 2003.

NEGREIROS, J. R. da S. **Seleção combinada, massal, entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*)**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NEGREIROS, J. R. da S.; ÁLVARES, V. de S.; BRUCKNER, C. H.; MORGADO, M. A. D.; CRUZ, C. D. Relação entre características físicas e o rendimento de polpa de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 540-545, 2007.

NEVES, L. G. **Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, J. C. de; FERREIRA, F. R. Melhoramento genético do maracujazeiro. In: São José, A.R.; Ferreira, F.R.; Vaz, R.L. (ed.). **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP. 1991. p. 211-239.

OLIVEIRA, J.C.de; FERREIRA, F.R.; RUGGIERO, C.; NAKAMURA, L. Caracterização e avaliação de germoplasma de *Passiflora edulis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9. 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBF, 1988. v. 2, p. 585-590.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; MAURO, A. O.; CENTURION, M. A. P. C. Aspectos gerais do melhoramento do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A.R. **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1994. p. 27-37.

SÃO JOSE, A. R. **A cultura do maracujazeiro: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1994. 29 p.

SETER, S. D.; RAYNE, J.A.; KNIGHT, R. J.; AMIS, A. A. Yield and quality of juice from passion fruit (*Passiflora edulis*), Maypops (*P. incarnata*) and tetraploid passion fruit hybrids (*P. edulis* x *P. incarnata*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 62, n. 1, p. 67-70, 1993.

SOUZA, A. C. G.; SANDI, D. Industrialização. BRUCKNER, C. H.; PIKANÇO, M. C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 305-344.

SJOSTROM, G.; ROSA, J. F. L. Estudos sobre as características físicas e composição química do maracujá amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Cultivado no município de Entre-Rios, Bahia. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 4., Salvador, 1977. **Anais...** p. 265-273.

VERAS, M. C. M., PINTO, A. C. Q., LIMA, M. M., MENEZES, J. B. Variação no teor de vitamina C dos maracujazeiros doce (*P. alata* Dryand) e ácido (*P. edulis* f. *flavicarpa* Deg.) nas condições de Cerrado de Brasília, em diferentes épocas de produção e estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBF, 1997. p. 593.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; SOUZA, M. M. de; MALDONADO, J. F. M. Parâmetros genéticos em populações de maracujazeiro-amarelo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 297, p. 545-555, 2004.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Houve efeito de dominância e, portanto, de heterose no primeiro ano de produção, nas características massa fresca, massa da polpa, massa da casca e diâmetro equatorial do fruto.

No segundo ano de produção, somente a característica diâmetro equatorial do fruto apresentou variância devido aos efeitos de dominância não nula.

Observou-se predominância dos efeitos aditivos para número de frutos e massa do fruto.

Os valores de herdabilidade obtidos são indicativos da potencialidade da população para fins de melhoramento genético.

A população avaliada no presente estudo pode ser inserida em programas de melhoramento genético populacional, com intuito de obter híbridos heteróticos.

A seleção combinada promoveu ganhos preditos superiores para vigor da planta e resistência à verrugose em relação à seleção direta e indireta.

Os índices de Pesek & Baker e Mulamba & Mock proporcionaram ganhos preditos satisfatórios, e similares quando-se utilizam pesos econômicos 1 e -3 (Pesek & Baker) e superior a 4 e inferior a 2 (Mulamba & Mock), para vigor e resistência a verrugose, respectivamente.

A seleção combinada promoveu ganhos genéticos previstos superiores aos índices de seleção, caracterizando-se promissora na seleção de progênies vigorosas com menor incidência de verrugose.

Há diferenças entre as estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas pelo método da ANOVA e pelos métodos multivariados.

O método dos componentes principais com base na matriz de covariância sempre apresentou estimativas maiores, principalmente para espessura da casca e comprimento longitudinal do fruto.

A realização de 18 medições será suficiente para predizer o valor real dos indivíduos com 90% de acurácia no primeiro ano de produção, com relação à massa fresca do fruto, massa de polpa e casca, comprimento longitudinal e diâmetro equatorial.

A espessura da casca varia com a massa do fruto, de modo que a avaliação da espessura da casca em frutos de diferentes massas pode provocar equívocos na avaliação de progênies.

Houve interação entre as progênies e as classes de massa do fruto nas características massa da casca e massa de sementes do fruto.

O diâmetro equatorial do fruto apresentou maior correlação com a massa fresca do fruto, quando comparado ao comprimento longitudinal, indicando a viabilidade de seleção indireta de progênies com maior massa do fruto pela avaliação do diâmetro.