

MARIA HELENA MENEZES CORDEIRO

**PATERNIDADE E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE
MARACUJAZEIRO AZEDO COM BAIXA EXIGÊNCIA
EM FOTOPERÍODO E TEMPERATURA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C794p
2017
Cordeiro, Maria Helena Menezes, 1988-
Paternidade e seleção de progênies de maracujazeiro azedo
com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura / Maria
Helena Menezes Cordeiro. – Viçosa, MG, 2017.
ix, 74f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

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

1. Maracujá - Melhoramento genético. 2. *Passiflora*.
3. Diversidade genética. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 634.4252

MARIA HELENA MENEZES CORDEIRO

**PATERNIDADE E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE
MARACUJAZEIRO AZEDO COM BAIXA EXIGÊNCIA
EM FOTOPERÍODO E TEMPERATURA**

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

Aprovada em 04 de setembro de 2017

D.Sc. Silvia Niestche

D.Sc. Renato Domiciano Silva Rosado

PhD. Sérgio Yoshimitsu Motoike

D.Sc. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos
(Coorientador)

D.Sc. Cláudio Horst Bruckner
(Orientador)

*“Não há nada tão difícil que eu não possa aprender,
E nem tão complicado que eu não possa conquistar,
Deus existe em mim,
E em conformidade com seus princípios nada é impossível!”*

*A Deus, meu melhor amigo, meu eterno companheiro,
toda honra e toda glória sejam dedicadas ao Senhor.
As dificuldades, foram muitas e não posso deixar de agradecer,
sem elas nada disso teria o valor que tem.
À minha família, por tudo que passamos juntos.
À natureza, o sol, a lua, os animais, as plantas...
Todo esse universo que me rouba sorrisos todos os dias.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar comigo, em nenhum momento me abandonar e nunca me deixar desistir, me dando forças para seguir em frente.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia por conceder seu espaço para a realização das pesquisas e principalmente pela oportunidade de formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e financiamento das pesquisas.

Ao professor orientador Dr. Cláudio Horst Bruckner, pessoa que admiro e sigo de exemplo, como ser humano e como profissional. Obrigada pela oportunidade de trabalho, pelos ensinamentos, confiança, liberdade de trabalho, disponibilidade e paciência com essa pessoa cheia de opiniões e argumentos. Sempre serei grata.

Aos coorientadores Dr. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos e Dra. Eveline Teixeira Caixeta pelas orientações, todo conhecimento compartilhado e todos os conselhos, tão úteis na pesquisa e na minha vida. A vocês toda a minha admiração. Obrigada!

Aos Drs. Sérgio Yoshimitsu Motoike, Silvia Niestche e Renato Domiciano Silva Rosado por aceitarem participar da banca e compartilharem seu conhecimento em favor deste trabalho e do meu crescimento profissional.

Aos meus pais, José e Maria, meus irmãos, Jairo, Rogério e Eliza, os sobrinhos Agatha, Miguel, Licia e Saulo e cunhada Cristiane, por existirem na minha vida e serem meu porto seguro. Não importa o que aconteça, na alegria, na tristeza e mesmo nas desavenças, estaremos sempre unidos pelo amor incondicional da família. Amo muito vocês, obrigada pelo apoio e incentivo.

Aos amigos do Setor de Fruticultura-UFV, Hugo, Seu Sabino, Nei, Vicente, Seu Geraldo e Beбето e aos amigos da Fazenda Experimental de Araçonga-UFV, Emiliano, Tio Rui, Gilson, Vicente, Vô (Valtin), Adiliano (Branquinho), Sid, Cezinha e Flavio. Pessoas indispensáveis na realização deste experimento, que compartilharam seus conhecimentos e seu trabalho em prol do meu aperfeiçoamento, e sem dúvida foram a

minha família em Viçosa, não apenas me ajudando na realização das pesquisas como tornando meus dias mais alegres. Sempre serei grata!

Aos amigos do Laboratório de Biotecnologia e Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV, em especial a Telma Fallieri (*in memoriam*), pela ajuda e aconselhamentos durante a execução das pesquisas.

Aos amigos do Laboratório Biocafé, que compartilharam seus conhecimentos e me acolheram de forma tão especial. Obrigada pelos momentos especiais de risos e descontração.

Aos meus amigos Francielle, Edcássio, Emilly e Tiago pela amizade, companheirismo, apoio e por compartilhar seus conhecimentos. Vocês foram muito importantes, obrigada!

Aos colegas da Fruticultura, em especial Thais Cristina, Sebastian, João Paulo, Kelly e Gustavo. Obrigada pela amizade e companheirismo, por tantos momentos legais, onde o trabalho tornou-se distração.

A todos os funcionários e demais professores da Universidade Federal de Viçosa sempre dispostos a cooperar para o bom funcionamento da Universidade, progresso dos estudantes e sucesso da Universidade.

A todos muito obrigada pela participação e compreensão nos meus bons e maus momentos.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
CAPITULO I	
CONTRIBUIÇÃO DE GENITORES EM PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE MARACUJAZEIRO AZEDO COM BASE EM INFORMAÇÕES MOLECULARES	5
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS.....	12
4. DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPITULO II	
PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO APLICADAS A PROGÊNIES F1 DE MARACUJAZEIRO AZEDO.....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3. RESULTADOS.....	36
4. DISCUSSÃO.....	42
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPITULO III	
FLORESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIRO AZEDO COM BAIXA EXIGÊNCIA EM FOTOPERÍODO E TEMPERATURA.....	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51

1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	53
3. RESULTADOS	57
4. DISCUSSÃO	67
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

RESUMO GERAL

CORDEIRO, Maria Helena Menezes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2017. **Paternalidade e seleção de progênies de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura.** Orientador: Claudio Horst Bruckner. Coorientadores: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos e Eveline Teixeira Caixeta.

O maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma espécie nativa do Brasil que apresenta frutos ricos em vitaminas e sais minerais, comercializados *in natura* ou industrializados. A cultura se encontra em constante expansão, no entanto, a exigência em fotoperíodo e temperatura para o florescimento e frutificação são considerados fatores limitantes. Um dos objetivos do melhoramento da espécie é o desenvolvimento de novas variedades com maior capacidade produtiva, baixa exigência em fotoperíodo e boa adaptação a baixas temperaturas. Neste trabalho, inicialmente foi estudada a contribuição de genitores masculinos e a diversidade genética existente entre e dentro de progênies de polinização aberta por meio de marcadores microssatélites. Os resultados indicaram que as progênies de polinização aberta apresentam composição genotípica não representativa da verificada na população original, e a variação genética dentro destas progênies foi superior à existente entre as progênies. Simultaneamente, foram estimados os parâmetros genéticos em nove progênies de irmãos completos. As progênies foram avaliadas em delineamento em blocos casualizados quanto as principais características dos frutos e em relação a capacidade de florescimento e frutificação sob fotoperíodo e temperatura reduzidos. Foi verificada alta variabilidade genética para as características massa de fruto, massa de polpa, massa de casca e espessura de casca. Para estas características foram verificados coeficientes de herdabilidade variando de 0,34 a 1,00. A seleção combinada proporcionou os maiores ganhos genéticos, seguida da seleção entre e dentro de famílias. Os índices de Mulamba e Mock e Smith e Hazel apresentaram estimativas de ganhos totais respectivamente de 35,39 e 31,62 %. O florescimento e a frutificação foram verificados durante todo o ano. As características físicas dos frutos produzidos no período de temperatura mais elevadas e fotoperíodo mais longo diferiram significativamente daqueles produzidos em situação contrária, apresentando estimativas superiores para a maioria das características. Os estudos demonstraram que em progênies de polinização aberta a composição genotípica das progênies não representa a carga genética observada na população de origem da planta mãe. Os híbridos avaliados floresceram durante todo o ano, independente de condições de fotoperíodo reduzido e baixas temperaturas, apresentando variabilidade genética para ganhos com a seleção, sendo a seleção combinada, o método que proporcionou os maiores ganhos.

ABSTRACT

CORDEIRO, Maria Helena Menezes, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2017. **Parentage and selection of sour passion fruit progenies with low photoperiod and temperature requirements.** Adviser: Claudio Horst Bruckner. Co-Advisers: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos and Eveline Teixeira Caixeta.

The passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) is a native species of Brazil that presents fruits rich in vitamins and minerals, commercialized in natura or industrialized. The crop is in constant expansion, however, the requirement in photoperiod and temperature for flowering and fruiting are considered limiting factors. One of the objectives of the improvement of the species is the development of new varieties with greater productive capacity, low requirement in photoperiod and good adaptation to the low temperatures. In this work, we initially studied the contribution of male parents and the genetic diversity between and within open pollinated progenies through microsatellite markers. The results indicated that the open pollinated progenies present a genotypic composition not representative of that verified in the original population, and the genetic variation within these progenies was superior the existing among the progenies. Simultaneously, the genetic parameters were estimated in nine progenies of complete siblings. The progenies were evaluated in a randomized complete block design. The main fruit traits and the flowering and fruiting capacity under reduced photoperiod and temperature were evaluated. High genetic variability was verified for fruit mass, pulp mass, bark mass and bark thickness. For these characteristics, heritability coefficients varying between 0.34 and 1.00. Combined selection provided the highest expected genetic gains, followed by selection between and within families. The Mulamba and Mock and Smith and Hazel indices showed total gains estimates of respectively 35.39 and 31.62%. Flowering and fruiting were verified throughout all the year. The physical characteristics of fruits produced under higher temperatures and longer photoperiod differed significantly from those produced in the opposite situation, presenting higher estimates for most of the characteristics. Studies have shown that in open-pollinated progenies, the genotypic composition of the progenies does not fit the genetic constitution of the parent plant population. The evaluated hybrids flourished throughout the year, regardless of reduced photoperiod and low temperatures, presenting genetic variability for selection gains, and the combination selection was the method that provided the greatest gains.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims), sua produção concentra-se principalmente na região Nordeste e parte da região Sudeste, representando em 2015 mais de 80% da produção nacional (CAVICHIOLO et al., 2014; IBGE, 2016). A espécie, nativa do Brasil, teve seu valor comercial descoberto na segunda metade do século XX e vem ao longo do tempo ampliando seu lugar de destaque na produção nacional de fruteiras (MELETTI et al., 2011).

O desenvolvimento do maracujazeiro é afetado por diversos fatores bióticos e abióticos, tais como pragas, doenças, disponibilidade de água e condições edafoclimáticas (LIMA et al. 2000). Os programas de melhoramento genético do maracujazeiro azedo têm trabalhado com intuito de obter variedades produtivas que apresentem frutos de qualidade, com ampla capacidade de adaptação aos diversos climas e ecossistemas brasileiros.

O maracujazeiro é uma planta alógama, autoincompatível (SUASSUNA et al., 2003) e que, embora haja a iniciação floral durante todo o ano, necessita de dias longos para completar o florescimento (NAVE et al., 2010). Em torno do Equador o florescimento ocorre durante o ano todo. Entretanto, à medida que aumenta a latitude, incrementa também a diferença no comprimento do dia ao longo do ano e, conseqüentemente, aumenta o período em que o florescimento não ocorre, devido ao comprimento do dia inferior a 11 horas (VASCONCELOS e DUARTE FILHO, 2000; WATSON e BOWERS, 1965).

As exigências em dias longos e temperaturas mais elevadas para o completo desenvolvimento das flores do maracujazeiro representam uma adaptação da espécie, que acaba economizando fotoassimilados durante o inverno, quando as condições de crescimento são desfavoráveis. Entretanto, existem diferenças em exigência entre os genótipos, passíveis de serem selecionados (NAVE et al., 2010).

O desenvolvimento de híbridos capazes de florescer sob fotoperíodo inferior a 11 horas e que possam ampliar o período produtivo em regiões com maior latitude durante o inverno é considerada uma das características mais importantes para a expansão da cultura. As cultivares atuais tem as maiores produções em regiões localizadas até latitudes de 15° Sul. Em latitudes superiores, a produtividade é afetada pela redução do fotoperíodo e temperaturas reduzidas durante o inverno (LIRA JUNIOR et al., 2014; SOUZA et al. 2012).

No melhoramento genético do maracujazeiro azedo, para se explorar ao máximo os ganhos de seleção, é necessário que conjuntamente com o desenvolvimento de novas variedades sejam realizados estudos que procurem quantificar a variabilidade genética e a melhor forma de ampliação dessa variabilidade. Essas informações tornam-se relevantes, devido à importância de se escolher o melhor método de seleção e determinar a contribuição da variância aditiva nesta seleção (COSTA et al., 2000; CRUZ, 2012).

A alta variabilidade genética verificada no maracujazeiro azedo, devido à autoincompatibilidade e alogamia são fatores a serem considerados no programa de melhoramento (BRUCKNER et al. 2005). Jung et al. (2007) relatam que a melhor forma de explorar a variabilidade é compreender a composição genética dos genótipos a serem cruzados. O conhecimento da estrutura genética de populações cultivadas para identificação de possíveis genitores e híbridos altamente heteróticos é necessário para estabelecer quais métodos de melhoramento podem proporcionar maiores ganhos em um programa de melhoramento (NEVES et al., 2011).

Nos programas de melhoramento genético do maracujazeiro azedo progênes de meios irmãos frequentemente têm sido empregadas na seleção de indivíduos superiores (FERREIRA et al., 2016; NEGREIROS et al., 2004; PIMENTEL et al., 2008). A exemplo do que ocorre com milho, as progênes de polinização aberta em maracujazeiro são oriundas de um único fruto, devido ao grande número de sementes. É considerado que os indivíduos destas progênes são meios irmãos, admitindo-se um único genitor feminino recebendo pólen de diferentes genitores masculinos, em decorrência da alogamia (BRUCKNER et al., 2002). Entretanto, as diferenças na polinização, entomófila em maracujazeiro e anemófila em milho, podem levar à suposição de que a diversidade de genitores masculinos em maracujazeiro possa ser mais restrita, inviabilizando o emprego de progênes de meios irmãos geradas a partir de um único fruto nos processos de melhoramento.

Nesse sentido, o presente estudo procurou estudar progênes de polinização aberta de maracujazeiro quanto a contribuição de genitores masculinos em sua formação. Paralelamente, determinar a melhor estratégia de seleção aplicada a uma população F1 de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura e caracterizar seu florescimento e frutificação durante um ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRUCKNER, C.H.; SUASSUNA, T. M. F.; RÊGO, M. M. do; NUNES, E. S. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (ed.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 317-338, 2005.

CAVICHIOLO, J. C.; KASAI, F. S.; NASSER, M. D. Produtividade e características físicas de frutos de *Passiflora edulis* enxertado sobre *Passiflora gibertii* em diferentes espaçamentos de plantio, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p.243-247, 2014.

COSTA, R. B. da; RESENDE, M. D. V.; ARAUJO, A. J. de; GONÇALVES, P. de S.; BORTOLETTO, N. Seleção combinada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 381-388, 2000.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. 1 ed. Viçosa: UFV, 2012, 394p.

FERREIRA, R. T.; VIANA, A. P.; SILVA, F. H. de L.; SANTOS, E. A.; SANTOS, J. O. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n. 1. 158-166, 2016.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 09/05/2016.

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**, v.42, p.689-694, 2007.

LIMA, D. M. de ; GOLOMBIESKI, E. R.; AYUB, R. A. Aplicação de técnicas de biotecnologia à cultura e melhoramento do maracujazeiro. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 359-363, 2000.

LIRA JUNIOR, J. S. de; FLORES, P. S.; BRUCKNER, C. H. UFV-M7: mutant yellow passion fruit genotype with photoperiod insensitivity for flowering. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, s/n, p. 128-131, 2014.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, p. 083-091, 2011.

NAVE, N.; KATZ, E.; CHAYUT, N.; GAZIT, S.; SAMACH, A. Flower development in the passion fruit *Passiflora edulis* requires a photoperiod-induced systemic Graft-transmissible signal. **Plant, Cell and Environment**, v.33, s/n, p. 2065–2083, 2010.

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

NEVES, L. G.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; DUARTE, L. P.; KRAUSE, W. Predição de ganhos genéticos utilizando o Delineamento I em população de maracujazeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 495-501, 2011.

PIMENTEL L. D.; STENZEL, N. M. C.; CRUZ, C. D.; BRUCKNER, C. H. Seleção precoce de maracujazeiro pelo uso da correlação entre dados de produção mensal e anual. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.10, p.1303-1309, 2008.

SOUZA, S. A. M.; MARTINS, K. C.; AZEVEDO, A. S.; PEREIRA, T. N. S. Fenologia reprodutiva do maracujazeiro-azedo no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Ciência Rural**, v.42, n.10, p.1774-1780, 2012.

SUASSUNA, T.M.; BRUCKNER, C.H.; CARVALHO, R.; BORÉM, A. self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, p. 298-302, 2003.

VASCONCELLOS, M. A. S.; DUARTE FILHO, J. Ecofisiologia do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 206, p. 25-28, 2000.

WATSON, D.P.; BOWERS, F.A.I. Long days produce flowers on passion fruit. **Hawaii Farm Science**, v.14, n.2, p.3-5, 1965.

CAPITULO I

CONTRIBUIÇÃO DE GENITORES EM PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE MARACUJAZEIRO AZEDO COM BASE EM INFORMAÇÕES MOLECULARES

RESUMO

Programas de melhoramento genético do maracujazeiro, frequentemente utilizam um único fruto para obtenção de uma progênie, devido ao grande número de sementes. Nos casos de progênies de polinização aberta, estas têm sido consideradas de meios irmãos, por admitirem a ocorrência de mistura de pólenes durante a polinização. No entanto, não há estudos que comprovem que estas progênies são realmente consequência de uma mistura de pólenes. O objetivo do presente trabalho foi analisar a contribuição dos genitores na formação de progênies de polinização aberta de maracujazeiro azedo por meio de marcadores moleculares e verificar sua influência na diversidade genética das progênies. A contribuição de 46 possíveis genitores e a diversidade genética entre e dentro de progênies foi avaliada por meio de marcadores microssatélites (SSR). A partir dos dados genotípicos obtidos foram realizados o teste de híbridos, o teste de qui quadrado para verificar as frequências esperadas e observadas e foi estimada a proporção de genes idênticos por descendência (IBD) nas progênies avaliadas. A diversidade genética foi estudada por meio de análise descritiva, análise de agrupamento pelo método de UPGMA e a análise molecular (AMOVA). O teste de híbridos indicou a participação de mais de um genitor masculino na formação das progênies, no entanto a composição genotípica observada nas progênies diferiu significativamente da esperada. Os valores de IBD para as progênies variaram entre 0,26 e 0,30, indicando que são progênies de meios irmãos. As progênies apresentaram heterozigosidade observada maior que esperada, indicando excesso de heterozigotos e conseqüentemente apresentando um coeficiente de endogamia próximo a zero. A análise molecular revelou que a maior variação genética (81,96%) ocorreu dentro de progênies. No maracujazeiro azedo, progênies de um único fruto oriundas de polinização aberta não apresentam composição genotípica representativa de sua população de origem, sendo necessário um maior número de frutos para que a composição genotípica, seja representativa da observada para a população de origem da planta mãe. A maior diversidade genética é encontrada dentro destas progênies.

Palavras-chave: *Passiflora edulis*, variabilidade genética, progênies de meios irmãos,

CHAPTER I

CONTRIBUTION OF GENITORS IN OPEN POLLINATION PROGENIES OF PASSION FRUIT BASED ON MOLECULAR INFORMATION

ABSTRACT

Half sib progenies are often obtained of single passion fruits, due to its large number of seeds. For breeding purposes it is important that the half sib progenies are generated of selected female plant but pollinated by pollen representative of the around plant population. However, there are no studies to prove that these progenies are actually a consequence of a mixture of pollens. The objective of the present work was to analyze the contribution of the parents to the formation of open pollinated progenies of passion fruit by means of molecular markers and to verify their influence on the genetic diversity of the progenies. The contribution of 46 possible parents and the genetic diversity among and within the progenies was evaluated by means of microsatellite markers (SSR). The hybrid test, the chi-square test to verify the expected and observed frequencies, and the proportion of identical genes by offspring (IBD) in the progenies evaluated were estimated from the genotype data obtained. The genetic diversity was studied by means of descriptive analysis, cluster analysis by UPGMA method and molecular analysis (AMOVA). The hybrids test indicated the participation of more than one male parent in the formation of the progenies, however the genotypic composition observed in the progenies differed significantly from the one expected. The IBD values for the progenies varied between 0.26 and 0.30, indicating that the progenies studied are of half siblings. The heterozygosity was greater than expected, indicating excess of heterozygotes and consequently the inbreeding coefficient was close to zero. Molecular analysis revealed that the greatest genetic variation (81.96%) occurred within progenies. In the sour passion fruit, Progenies of from a single fruit from open pollination do not present a genotypic composition representative of their original population, and a greater number of fruits are necessary for the genotypic composition to be representative of that observed for the parent plant population. The greatest genetic diversity was found within these progenies.

Key words: *Passiflora edulis* Sims, genetic variability, half-sibling progenies, natural pollination.

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) pertencente à família Passifloraceae, é uma espécie nativa do Brasil e distribuída amplamente pela América do Sul e Central (BENACCI et al., 2008). A espécie teve seu valor comercial descoberto na segunda metade do século XX e vem ao longo desse tempo conseguindo lugar de destaque na produção nacional (MELETTI et al., 2011).

A espécie é alógama e apresenta autoincompatibilidade do tipo homomórfica esporofítica associada a um loco gametofítico, sendo a ação dependente do gene esporofítico (BRUCKNER et al., 1995; SUASSUNA et al., 2003). A alogamia proporciona alta variabilidade genética ao maracujazeiro azedo, o que é primordial em programas de melhoramento genético (BRUCKNER et al., 2005). No entanto, para que a variabilidade genética seja melhor explorada é necessário conhecer a composição genética dos genótipos a serem cruzados (JUNG et al., 2007).

Em um programa de melhoramento genético de maracujazeiro azedo, a seleção é frequentemente realizada por meio de teste de progênies de meios irmãos ou irmãos completos. Os frutos de maracujá azedo possuem elevado número de sementes, permitindo, muitas vezes, que um fruto seja suficiente para gerar uma progênie de meios irmãos, numa analogia ao procedimento aplicado ao milho (BRUCKNER et al., 2002).

O milho é uma planta monoica, de polinização anemófila. A estrutura sexual masculina é uma panícula encontrada na região superior da planta, enquanto a estrutura feminina, situa-se em espigas axilares na região mediana do colmo. Essa separação espacial dos órgãos sexuais e a própria característica da planta de apresentar grãos de pólen muito pequenos e produzidos em abundância favorecem a polinização cruzada, que ocorre pela dispersão do pólen de uma determinada planta por meio do vento para uma ou mais plantas (BECK et al., 2004).

No caso do maracujazeiro, a polinização é entomófila, com alta especificidade de polinizador. A mamangava (*Xylocopa* spp) é considerada o principal polinizador em flores de maracujazeiro (AKAMINE e GIROLAME, 1959; MARCO FILHO, 2005; SIQUEIRA et al., 2009). É ignorado se em maracujazeiro azedo, durante a dispersão do pólen, ocorre uma mistura de pólen de vários indivíduos. Sendo assim, um importante questionamento sobre progênies de polinização aberta em maracujazeiro ainda precisa ser elucidada. Podemos considerar que as progênies são realmente de meios irmãos como no milho?

O presente estudo, procurou responder este questionamento acessando informações moleculares obtidas por meio de marcadores, ferramentas que possibilitam a análise direta do DNA, fornecendo os dados genotípicos necessários. Nesse sentido, a contribuição dos genitores na formação de progênies de polinização aberta de maracujazeiro azedo foi analisada através das frequências genotípicas esperadas dos cruzamentos entre os prováveis genitores e as frequências observadas nas progênies. -

Dentre os marcadores moleculares já descritos na literatura, os microsatélites (SSR) se destacam, sendo amplamente utilizados em estudos de melhoramento de plantas. Eles consistem de sequências repetidas em *tandem* que podem variar de 1 a 6 pares de bases, classificando-se de diferentes maneiras de acordo com seu tamanho. Estes marcadores têm como principais características o multialelismo, a codominância e alta-reprodutibilidade (CAIXETA et al., 2013; PEREIRA et al., 2005).

Os marcadores SSR são eficientes em estudos sobre alterações em parâmetros genéticos de populações ao longo dos ciclos de seleção, sendo capazes de identificar alterações e perdas alélicas em cada loco individualmente (OLIVEIRA et al., 2005). São amplamente utilizados em estudos para estimativa de parâmetros genéticos em programas de melhoramento de maracujazeiro e estudos sobre sua diversidade demonstrando eficiência (CERQUEIRA-SILVA et al., 2014; PAIVA et al., 2014; REIS et al., 2011). O objetivo do presente estudo foi analisar a contribuição dos genitores na formação de progênies de polinização aberta de maracujazeiro azedo por meio de marcadores moleculares SSR e verificar sua influência na diversidade genética das progênies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Seleção de plantas e obtenção de progênies

Foram escolhidas aleatoriamente duas plantas adultas de *Passiflora edulis* Sims. De cada uma foram coletados três frutos, obtidos por meio de polinização natural (Figura 1). Estas plantas fazem parte de uma população compostas por 83 acessos dispostas em espaçamento 3 x 2 m, conduzidas em sistema de espaldeira, localizada no Pomar do Fundão, pertencente a Universidade Federal de Viçosa (latitude 20° 45' Sul e longitude 42° 52' Oeste, com altitude de cerca de 650 m acima do nível médio do mar) (Figura 1).

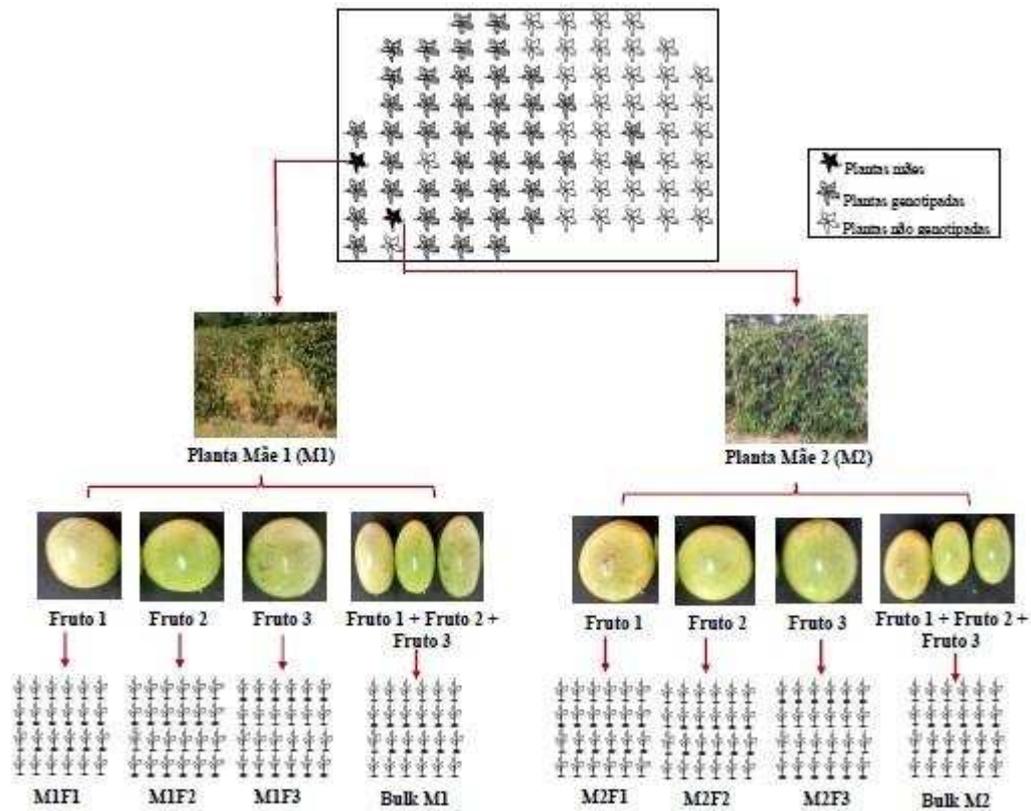


Figura 1- Esquema representativo da origem das progênies de polinização aberta de maracujazeiro azedo utilizadas neste estudo. Viçosa-MG, 2016.

No momento de pico de florescimento, botões florais em estágio de pré-antese de todas as plantas da população foram marcados em um mesmo dia. Estes botões florais foram monitorados até a confirmação da fecundação, quando foram selecionadas duas plantas que apresentavam três frutos provenientes destes botões. Os frutos destas plantas foram identificados e ao se encontrarem no estágio ‘verde-amarelo’ colhidos. Depois de colhidos, as sementes de cada fruto foram extraídas e plantadas, obtendo-se as progênies cada uma com 24 indivíduos. Adicionalmente, foram coletadas amostras foliares de 46 acessos de maracujazeiro azedo circundantes às genitoras maternas e considerados possíveis genitores paternos das progênies estudadas, também foram coletadas amostras foliares das genitoras maternas.

Dessa forma, o experimento foi delineado com duas plantas (os genitores maternos M1 e M2), quatro progênies por planta, sendo três progênies oriundas cada uma de um fruto (M1F1, M1F2 e M1F3) e uma progênie resultante do sorteio de indivíduos dentro da mistura das sementes dos três frutos que originaram as demais progênies (Bulk M1 e Bulk M2) e um conjunto de 46 indivíduos presentes no local onde encontram-se as

plantas mães, considerados possíveis genitores (população original). Cada progênie apresentou um número de 24 indivíduos.

Extração de DNA e amplificação

A extração do DNA das amostras foi realizada utilizando o Kit Promega - Wizard® Genomic DNA Purification, de acordo com o protocolo do fabricante, com alterações, conforme descrito a seguir. O tecido vegetal foi macerado em cadinho, utilizando nitrogênio líquido. Aproximadamente 40 mg de amostra foliar macerada de cada indivíduo foram transferidos para um microtubo de 1,5 mL e em seguida foram adicionados 600 µL de tampão de lise (Nuclei Lysis Solution). Os microtubos foram homogeneizados em vórtex por um a três segundos e, então, foram adicionados 10 µL de Proteinase K (20 mg/mL). Os microtubos foram invertidos suavemente de 2 a 5 vezes. As amostras foram incubadas em banho-maria a 56 °C por 1 hora e invertidas suavemente a cada 10 minutos. Em seguida foram adicionados 3 µL de RNase Solution em cada amostra, sendo novamente invertidas de 2 a 5 vezes e incubadas em banho-maria a 37 °C por 15 minutos. As amostras, ao serem retiradas do banho-maria, esfriaram sob temperatura ambiente por cinco minutos. Posteriormente, adicionou-se em cada amostra 200 µL de Protein Precipitation Solution e homogeneizou-se com vórtex por 20 segundos. Com o objetivo de separar as fases orgânicas e aquosas, as amostras foram centrifugadas por 3 minutos a 16.000 g (rcf). Em seguida, 600 µL do sobrenadante contendo o DNA (fase aquosa-superior) de cada amostra foram transferidos para novos microtubos de 1,5 mL contendo 600 µL de isopropanol, a temperatura ambiente.

Para a precipitação do DNA, os microtubos foram homogeneizados por inversões suaves durante 10 minutos. Posteriormente, procedeu-se uma centrifugação por um minuto a 16.000 g, descartou-se o sobrenadante e o pellet de DNA formado no fundo do microtubo foi lavado com 600 µL de etanol 70%, a temperatura ambiente. As amostras foram deixadas para secar durante 15 minutos a temperatura ambiente e foram adicionados 50 µL de DNA Rehydration Solution, incubando-as a 65 °C por 1 hora sendo periodicamente homogeneizadas a cada 10 minutos. Ao final deste procedimento obteve-se o DNA em solução estoque, que foi armazenado a -20°C. A qualidade e quantidade do DNA extraído de cada amostra foram avaliadas em NanoDrop 2000, sendo o DNA para uso diluído para a concentração de 20 ng/µL.

As reações de amplificação de DNA foram realizadas utilizando seis *primers* (Tabela 1) microssatélites desenvolvidos por Oliveira (2006), selecionados de um grupo de 23, por apresentarem polimorfismo em maracujazeiro azedo. Destes marcadores,

foram avaliadas apenas os informativos, ou seja, presentes nos genitores paternos e ausentes nos genitores maternos. A amplificação por PCR foi realizada em um volume final de 20 μL , contendo: 40 ng de DNA, 0,6 U de Taq DNA polimerase, tampão 1X da enzima, 1 mM de MgCl_2 , 150 μM de cada dNTP e 0,3 μM de cada primer, completando o volume com água milli-Q estéril. As reações de amplificação foram realizadas em termocicladores PTC-200 (*MJ Research*) e Veriti (*Applied Biosystems*). Após desnaturação inicial a 94°C por 4 min, foram realizados 10 ciclos de *touchdown* PCR, a 94°C por 40 segundos, temperatura de anelamento ascendendo 0,5°C a cada ciclo (de 61°C até 72°C), durante 40 segundos, e extensão a 72°C por 40 segundos, seguidos por mais 30 ciclos de desnaturação a 94°C por anelamento a 56°C e extensão a 72°C, com 40 segundos cada etapa. A extensão final realizada a 72°C, por 8 min.

Os produtos resultantes da reação de PCR foram separados por eletroforese em gel de poliacrilamida desnaturante 6% e visualizados por meio de coloração com nitrato de prata, conforme protocolo descrito por Brito et al.(2010).

Tabela 1- *Primers* microssatélites utilizados na amplificação do DNA genômico.

Primer	“forward”	“reverse”	Alelo (pb)
PE08	CCGGATACCCACGCATTA	TCTAATGAGCGGAGGAAAGC	282
PE12	CGTAATATTGTTTGGGCACT	ATCATGGGCGAACTCATT	150
PE18	CCGTGAACCAACCATTCTC	TTGCAGCACAAACAAGTCAA	220
PE24	TCAAAGTGAAGTTCGTAAGG	GTGCTGGGAGACTGATGTT	294
PE42	GTCACTTCATTCTTCCTTCC	TTAGCCCACTCAAACACAA	216
PE90	TCAGGAAGATTGCATGTTAGT	CTGGGTTTTGTTTATGTTGC	245

Análise estatística

A contribuição de genitores na formação das progênies de polinização aberta foi avaliada de três maneiras distintas. Inicialmente, foi realizado o teste de híbridos, onde as composições genotípicas das progênies em cada loco e as composições genotípicas esperadas dos possíveis cruzamentos que poderiam ter ocorrido entre a planta mãe e os indivíduos da população original foram comparadas. Esta análise teve como intuito, identificar se a planta mãe recebeu pólen, de apenas uma planta ou de várias plantas. Posteriormente, foi aplicado o teste de qui quadrado, com intuito de verificar a ocorrência de diferenças significativas entre as classes genotípicas esperadas e observadas nas progênies. O valor esperado para cada classe genotípica foi obtido através das frequências observadas na população original. Foi considerado que a planta mãe da progênie

estudada, recebeu pólen de todos os indivíduos presentes na área. Conseqüentemente, esta progênie apresenta todos os genótipos destes cruzamentos, com frequências proporcionais às encontradas na população original.

A confirmação se as progênies poderiam ser consideradas de meios irmãos foi obtida através do cálculo da proporção de genes idênticos por descendência (IBD). A estimativa dos genes idênticos por descendência foi baseada na informação do marcador genético disponível, avaliando os pares de irmãos, assim como seus genitores, conforme descrito por Tomaz et al. (2013).

Para caracterizar a diversidade genética foram obtidas as estimativas de frequência alélica (A_i), heterozigosidade esperada (H_e) e observada (H_o), coeficiente de endogamia (f), conteúdo de informação polimórfica (PIC) e equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW). Além disso, foi realizado estudo da diversidade genética entre as plantas mães, dentro de progênies oriundas dos frutos e dentro das progênies de frutos por meio da análise molecular (AMOVA) com três níveis hierárquicos. A divergência genética entre população original e progênies e entre progênies foi determinada pelo cálculo do coeficiente de diferenciação gênica de Nei (1972) (matriz GST), sendo utilizado para representar graficamente a estruturação genética através do método de agrupamento UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Using na Arithmetic Average).

As análises estatísticas foram realizadas por meio do Programa Genes (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se o teste de híbridos para as plantas M1 e M2, respectivamente. Para cada loco, são apresentados os dados genotípicos da planta mãe, os genótipos observados dos possíveis genitores, os genótipos esperados do cruzamento entre a planta mãe e os prováveis genitores (população original) e os genótipos verificados para cada progênie avaliada. A contribuição de mais de uma planta na formação da progênie de polinização aberta foi constatada pela composição genotípica das progênies, que não é explicada por um único cruzamento em todos os locos avaliados. Foi verificado que em pelo ao menos um loco, para todas as progênies avaliadas, as classes genotípicas observadas só poderiam ocorrer, caso, a flor que originou a progênie tivesse recebido pólen de mais de uma planta.

Tabela 2- Cruzamentos, respectivos genótipos esperados e os genótipos observados em cada loco para as progênes de polinização aberta de maracujazeiro azedo, M1F1, M1F2, M1F3 e Bulk M1 provenientes da planta M1. Viçosa, 2016.

Loco	Cruzamentos		Genótipo esperado	Genótipo observado
	Genótipo materno	Genótipo paterno		
PE08	33	12 (0,06) ¹	13 (0,50); 23 (0,50)	13 (0,33); 23 (0,04); 33 (0,63) - (M1F1)
	33	13 (0,19)	13 (0,50); 33 (0,50)	13 (0,21); 33 (0,79) - (M1F2)
	33	23 (0,13)	23 (0,50); 33 (0,50)	13 (0,17); 23 (0,04); 33 (0,79) - (M1F3)
	33	33 (0,62)	33 (1,00)	13 (0,21); 23 (0,08); 33 (0,71) - (Bulk M1)
PE12	12	11 (0,21)	11 (0,50); 12 (0,50)	
	12	12 (0,13)	11 (0,25); 12 (0,50); 22 (0,25)	11 (0,42); 12 (0,42); 22 (0,17) - (M1F1)
	12	13 (0,41)	11 (0,25); 12 (0,25); 13 (0,25); 23 (0,25)	11 (0,17); 12 (0,58); 13 (0,13); 22 (0,08); 23 (0,04) - (M1F2)
	12	22 (0,02)	12 (0,50); 22 (0,50)	11 (0,38); 12 (0,46); 22 (0,13); 23 (0,04) - (M1F3)
	12	33 (0,23)	13 (0,50); 23 (0,50)	11 (0,17); 12 (0,50); 13 (0,04); 22 (0,25); 23 (0,04) - (Bulk M1)
PE18	22	12 (0,06)	12 (0,50); 22 (0,50)	22 (0,63); 23 (0,38) - (M1F1)
	22	13 (0,02)	12 (0,50); 23 (0,50)	22 (0,54); 23 (0,46) - (M1F2)
	22	22 (0,51)	22 (1,00)	22 (0,79); 23 (0,21) - (M1F3)
	22	23 (0,41)	22 (0,50); 23 (0,50)	22 (0,71); 23 (0,29) - (Bulk M1)
PE24	33	12 (0,04)	13 (0,50); 23 (0,50)	23 (0,04); 33 (0,96) - (M1F1)
	33	22 (0,02)	23 (1,00)	23 (0,17); 33 (0,83) - (M1F2)
	33	23 (0,11)	23 (0,50); 33 (0,50)	23 (0,04); 33 (0,92); 34 (0,04) - (M1F3)
	33	33 (0,43)	33 (1,00)	23 (0,13); 33 (0,83); 34 (0,04) - (Bulk M1)
	33	44 (0,40)	34 (1,00)	
PE42	22	11 (0,02)	12 (1,00)	12 (0,63); 22 (0,37) - (M1F1)
	22	12 (0,26)	12 (0,50); 22 (0,50)	12 (0,46); 22 (0,54) - (M1F2)
	22	22 (0,72)	22 (1,00)	12 (0,42); 22 (0,58) - (M1F3)
				12 (0,50); 22 (0,50) - (Bulk M1)
PE90	22	11 (0,06)	12 (1,00)	22 (1,0) - (M1F1)
	22	12 (0,06)	12 (0,50); 22 (0,50)	22 (1,00) - (M1F2)
	22	22 (0,88)	22 (1,00)	12 (0,17); 22 (0,83) - (M1F3) 22 (1,00) - (Bulk M1)

¹Valores entre parênteses se referem a frequência genotípica para o genótipo.

Tabela 3- Cruzamentos, respectivos genótipos esperados e os genótipos observados em cada loco para as progênes de polinização aberta de maracujazeiro azedo, M2F1, M2F2, M2F3 e Bulk M2 provenientes da planta M2. Viçosa, 2016.

Loco	Cruzamentos		Genótipo esperado	Genótipo observado
	Genótipo materno	Genótipo paterno		
PE08	13	12 (0,06)	11(0,25); 12 (0,25); 13 (0,25); 23 (0,25)	11 (0,04); 13 (0,42); 23 (0,04); 33 (0,50) - (M2F1)
	13	13 (0,17)	11 (0,25); 13 (0,50); 33 (0,25)	12 (0,04); 13 (0,46); 23 (0,08); 33 (0,42) - (M2F2)
	13	23 (0,13)	12 (0,25); 13 (0,25); 23 (0,25); 33 (0,25)	11 (0,13); 13 (0,33); 23 (0,08); 33 (0,46) - (M2F3)
	13	33 (0,64)	13 (0,50); 33 (0,50)	11 (0,08); 13 (0,46); 23 (0,08); 33 (0,38) - (Bulk M2)
PE12	12	11 (0,21)	11 (0,50); 12 (0,50)	
	12	12 (0,13)	11 (0,25); 12 (0,50); 22 (0,25)	11 (0,17); 12 (0,58); 13 (0,21); 22 (0,04) - (M2F1)
	12	13 (0,41)	11 (0,25); 12 (0,25); 13 (0,25); 23 (0,25)	11 (0,21); 12 (0,38); 13 (0,08); 22 (0,17); 23 (0,17) - (M2F2)
	12	22 (0,02)	12 (0,50); 22 (0,50)	11 (0,08); 12 (0,17); 13 (0,29); 22 (0,04); 23 (0,42)- (M2F3)
	12	33 (0,23)	13 (0,50); 23 (0,50)	11 (0,17); 12 (0,50); 13 (0,04); 22 (0,25); 23 (0,04)
PE18	23	12 (0,06)	12 (0,25); 13 (0,25); 22 (0,25); 23 (0,25)	22 (0,33); 23 (0,38); 33 (0,29) - (M2F1)
	23	13 (0,02)	12 (0,25); 13 (0,25); 23 (0,25); 33 (0,25)	22 (0,58); 23 (0,33); 33 (0,08) - (M2F2)
	23	22 (0,51)	22 (0,50); 23 (0,50)	22 (0,21); 23 (0,58); 33 (0,21) - (M2F3)
	23	23 (0,41)	22 (0,25); 23 (0,50); 33 (0,25)	22 (0,42); 23 (0,46); 33 (0,12) - (Bulk M2)
PE24	33	12 (0,04)	13 (0,50); 23 (0,50)	33 (1,00) - (M2F1)
	33	22 (0,02)	23 (1,00)	23 (0,04); 33 (0,88); 34 (0,08) - (M2F2)
	33	23 (0,11)	23 (0,50); 33 (0,50)	13 (0,33); 33 (0,42); 34 (0,25) - (M2F3)
	33	33 (0,43)	33 (1,00)	13 (0,08); 33 (0,79); 34 (0,13) - (Bulk M2)
	33	44 (0,40)	34 (1,00)	
PE42	22	11 (0,02)	12 (1,00)	12 (0,54); 22 (0,46) - (M2F1)
	22	12 (0,26)	12 (0,50); 22 (0,50)	12 (0,17); 22 (0,83) - (M2F2)
	22	22 (0,72)	22 (1,00)	12 (0,13); 22 (0,88) - (M2F3)
				12 (0,29); 22 (0,71) - (Bulk M2)
PE90	22	11 (0,06)	12 (1,00)	22 (1,00) - (M2F1)
	22	12 (0,06)	12 (0,50); 22 (0,50)	12 (0,08); 22 (0,92) - (M2F2)
	22	22 (0,88)	22 (1,00)	22 (1,00) - (M2F3)
			22 (1,00) - (Bulk M2)	

¹Valores entre parênteses se referem a frequência genotípica para o genótipo.

Os testes de qui quadrado para as classes genotípicas esperadas e observadas nas progênies de polinização aberta da planta M1, são apresentados na Tabela 4. Diferenças significativas foram observadas entre classes esperadas e observadas de todas as progênies nos locos PE12, PE24 e PE42, e nas progênies M1F1 e M1F2 nos locos PE08 e PE18, respectivamente. Para o loco PE90, as classes esperadas e observadas das progênies não apresentaram diferenças entre si.

Tabela 4-Teste de qui quadrado para os valores genotípicos esperados e observados para as progênies de polinização aberta M1F1, M1F2, M1F3 e Bulk M1 provenientes da planta de maracujazeiro azedo M1. Viçosa, 2016.

Loco	Progênie	Classe	Classe genotípica						χ^2 cal.	χ^2 pr. (%)
			11	12	13	22	23	33		
PE08	VrEsp ¹	Esp ²			3,06		2,30	18,64		
	M1F1	Obs ³			8,00		1,00	15,00	9,40	0,99**
	M1F2	Obs			5,00		0,00	19,00	3,53	17,13 ^{ns}
	M1F3	Obs			4,00		1,00	19,00	1,03	59,87 ^{ns}
	Bulk M1	Obs			5,00		2,00	17,00	1,40	49,55 ^{ns}
PE12	VrEsp	Esp	5,74	6,77	5,23	1,02	5,23			
	M1F1	Obs	10,00	10,00	0,00	4,00	0,00		23,85	0,01**
	M1F2	Obs	4,00	14,00	3,00	2,00	1,00		13,58	0,88**
	M1F3	Obs	9,00	11,00	0,00	3,00	1,00		16,99	0,19**
	Bulk M1	Obs	4,00	12,00	1,00	6,00	1,00		35,70	0,00**
PE18	VrEsp	Esp		1,02		17,87	5,11			
	M1F1	Obs		0,00		15,00	9,00		4,45	10,80 ^{ns}
	M1F2	Obs		0,00		13,00	11,00		9,15	1,03*
	M1F3	Obs		0,00		19,00	5,00		1,09	57,85 ^{ns}
	Bulk M1	Obs		0,00		7,00	17,00		1,77	41,35 ^{ns}
PE24	VrEsp	Esp		0,51		2,30	11,49	9,70		
	M1F1	Obs		0,00		1,00	23,00	0,00	22,48	0,01**
	M1F2	Obs		0,00		4,00	20,00	0,00	17,78	0,05**
	M1F3	Obs		0,00		1,00	22,00	1,00	18,66	0,03**
	Bulk M1	Obs		0,00		3,00	20,00	1,00	14,83	0,20**
PE42	VrEsp	Esp		3,57		20,43				
	M1F1	Obs		15,00		9,00			42,91	0,00**
	M1F2	Obs		11,00		13,00			18,13	0,00**
	M1F3	Obs		10,00		14,00			13,57	0,02**
	Bulk M1	Obs		12,00		12,00			23,34	0,00**
PE90	VrEsp	Esp		2,30		21,70				
	M1F1	Obs		0,00		24,00			2,54	11,09 ^{ns}
	M1F2	Obs		0,00		24,00			2,54	11,09 ^{ns}
	M1F3	Obs		4,00		20,00			1,39	23,77 ^{ns}
	Bulk M1	Obs		0,00		24,00			2,54	11,09 ^{ns}

** e *: Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste de qui quadrado, respectivamente; ^{ns}: não significativo pelo teste de qui quadrado; χ^2 cal.: qui quadrado calculado; χ^2 pr. (%): probabilidade do qui quadrado em porcentagem; ¹VrEsp: valor esperado; ²Esp: classe esperada; ³Obs: classe observada.

As classes esperadas e observadas não diferiram entre si nos locos PE08 e PE90 para todas as progênies avaliadas da planta M2 (Tabela 5). Para as progênies M2F3 e Bulk M2 no loco PE12 e em M2F2 no loco PE42, também não foram observadas diferenças significativas entre classes. Em todas as progênies no loco PE24, em M2F1 loco PE18 e nas progênies M2F1 e M2F2 loco PE12 foram encontradas diferenças significativas entre classes.

Tabela 5- Teste de qui quadrado para os valores genotípicos esperados e observados para as progênies de polinização aberta M2F1, M2F2, M2F3 e Bulk M2 provenientes da planta de maracujazeiro azedo M2. Viçosa, 2016.

Loco	Progênie	Classe	Classe genotípica						χ^2 cal.	χ^2 pr. (%)	
			11	12	13	22	23	33			34
PE08	VrEsp ¹	Esp ²	1,40	1,15	10,85		1,15	9,45			
	M2F1	Obs ³	1,00	0,00	10,00		1,00	12,00	2,04	72,81 ^{ns}	
	M2F2	Obs	0,00	1,00	11,00		2,00	10,00	2,09	71,95 ^{ns}	
	M2F3	Obs	3,00	0,00	8,00		2,00	11,00	4,60	33,12 ^{ns}	
	Bulk M2	Obs	2,00	0,00	11,00		2,00	9,00	2,06	72,56 ^{ns}	
PE12	VrEsp	Esp	5,74	6,77	5,23	1,02	5,23				
	M2F1	Obs	4,00	14,00	5,00	1,00	0,00		13,51	0,90 ^{**}	
	M2F2	Obs	5,00	9,00	2,00	4,00	4,00		11,81	1,88 ^{**}	
	M2F3	Obs	2,00	4,00	7,00	1,00	10,00		8,51	7,47 ^{ns}	
	Bulk M2	Obs	2,00	11,00	4,00	2,00	5,00		6,33	17,58 ^{ns}	
PE18	VrEsp	Esp		0,51	0,51	9,06	11,49	2,43			
	M2F1	Obs		0,00	0,00	8,00	9,00	7,00	10,31	3,55 [*]	
	M2F2	Obs		0,00	0,00	14,00	8,00	2,00	4,84	30,37 ^{ns}	
	M2F3	Obs		0,00	0,00	5,00	14,00	5,00	6,12	19,00 ^{ns}	
	Bulk M2	Obs		0,00	0,00	10,00	11,00	3,00	1,27	86,56 ^{ns}	
PE24	VrEsp	Esp			0,51		2,30	11,49	9,70		
	M2F1	Obs			0,00		0,00	24,00	0,00	26,13	0,00 ^{**}
	M2F2	Obs			0,00		1,00	21,00	2,00	15,23	0,16 ^{**}
	M2F3	Obs			8,00		0,00	10,00	6,00	113,75	0,00 ^{**}
	Bulk M2	Obs			2,00		0,00	19,00	3,00	16,18	0,10 ^{**}
PE42	VrEsp	Esp		3,57		20,43					
	M2F1	Obs		13,00		11,00			29,20	0,00 ^{**}	
	M2F2	Obs		4,00		20,00			0,06	80,73 ^{ns}	
	M2F3	Obs		3,00		21,00			0,11	0,74 ^{**}	
	Bulk M2	Obs		7,00		17,00			3,86	4,95 ^{**}	
PE90	VrEsp	Esp		2,30		21,70					
	M2F1	Obs		0,00		24,00			2,54	11,09 ^{ns}	
	M2F2	Obs		2,00		22,00			0,04	83,63 ^{ns}	
	M2F3	Obs		0,00		24,00			2,54	11,09 ^{ns}	
	Bulk M2	Obs		0,00		24,00			2,54	11,09 ^{ns}	

** e *: Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste de qui quadrado, respectivamente; ^{ns}: não significativo pelo teste de qui quadrado; χ^2 cal.: qui quadrado calculado; χ^2 pr. (%): probabilidade do qui quadrado em porcentagem; ¹VrEsp: valor esperado; ²Esp: classe esperada; ³Obs: classe observada.

A proporção de genes idênticos por descendência (IBD) para cada loco, nas progênies das plantas M1 e M2 são apresentados na Tabela 6. Os valores de IBD para os locos avaliados variaram entre 0,25 e 0,38. A média de IBD nos seis locos avaliados para as progênies da planta M1, oriundas de um único fruto (M1F1, M1F2 e M1F3), foi de 0,26. Nas progênies de um único fruto da planta M2, os valores médios de IBD foram 0,30 para M2F1 e M2F2 e 0,29 para M2F3. Os valores de IBD para as progênies Bulk M1 e Bulk M2 formadas a partir de indivíduos de diferentes frutos de uma mesma mãe foram respectivamente, 0,29 e 0,26.

Tabela 6- Proporção de genes idênticos por descendência (IBD) para as progênies de polinização aberta das plantas M1 e M2, em seis locos microssatélites. Viçosa-MG, 2016.

Loco	Planta M1				Planta M2			
	M1F1	M1F2	M1F3	Bulk M1	M2F1	M2F2	M2F3	Bulk M2
PE08	0,25	0,25	0,25	0,35	0,38	0,36	0,33	0,25
PE12	0,34	0,33	0,33	0,31	0,34	0,29	0,29	0,32
PE18	0,25	0,25	0,25	0,35	0,31	0,37	0,34	0,25
PE24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
PE42	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
PE90	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Média	0,26	0,26	0,26	0,29	0,30	0,30	0,29	0,26

As frequências alélicas observadas para a população original e as progênies de polinização aberta das plantas M1 e M2 são encontradas na Tabela 7. Foram verificados para a população original, 17 alelos distribuídos entre os seis locos avaliados. Os valores de frequência alélicas para estes alelos variaram entre 0,02 (alelo 1, loco PE24) e 0,91 (alelo A1, loco PE90). Nas progênies, o número de alelos foi inferior, variando entre 12 e 15 alelos, fato ocorrido devido a alguns alelos não terem sido observados nas progênies.

As progênies avaliadas apresentaram frequências alélicas variando entre zero e um. Foi verificado que nos locos PE18 alelo 1, PE24 alelo 1 e PE90 alelo 1 da maioria das progênies os valores de frequências alélicas foram iguais a zero. Para estes alelos, a frequência observada na população original foi inferior a 0,10. Frequências alélicas iguais a 1,00 foram observadas em M2F1, loco PE24 alelo 3 e loco PE90 alelo 2, nas progênies M1F1, M1F2, Bulk M1, M2F1, M2F3 e Bulk M2. O loco PE42, foi o único entre os estudados, que não foram observadas nas progênies frequências alélicas iguais a zero, os valores variaram entre 0,06 e 0,94.

Tabela 7- Frequências alélicas observadas para a população original (PO) e as progênies de polinização aberta das plantas M1 e M2, em seis locos microssatélites. Viçosa-MG.

Loco	Alelo	PO	Planta M1				Planta M2			
			M1F1	M1F2	M1F3	Bulk M1	M2F1	M2F2	M2F3	Bulk M2
PE08	1	0,12	0,17	0,1	0,08	0,1	0,25	0,25	0,29	0,31
	2	0,10	0,02	0,00	0,02	0,05	0,02	0,06	0,04	0,04
	3	0,78	0,81	0,9	0,9	0,85	0,73	0,69	0,67	0,65
PE12	1	0,48	0,63	0,52	0,6	0,44	0,56	0,44	0,32	0,4
	2	0,09	0,37	0,4	0,38	0,52	0,34	0,44	0,33	0,42
	3	0,43	0,00	0,08	0,02	0,04	0,10	0,12	0,35	0,18
PE18	1	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,75	0,81	0,77	0,9	0,85	0,52	0,75	0,5	0,65
	3	0,21	0,19	0,23	0,1	0,15	0,48	0,25	0,5	0,35
PE24	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,04
	2	0,09	0,02	0,08	0,02	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00
	3	0,49	0,98	0,92	0,96	0,92	1,00	0,94	0,70	0,90
	4	0,4	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04	0,13	0,06
PE42	1	0,15	0,31	0,23	0,21	0,25	0,27	0,08	0,06	0,15
	2	0,85	0,69	0,77	0,79	0,75	0,73	0,92	0,94	0,85
PE90	1	0,09	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
	2	0,91	1,00	1,00	0,92	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00

Os valores de heterozigosidade esperada e observada, coeficiente de endogamia, conteúdo de informação polimórfica, qui quadrado calculado e probabilidade de qui quadrado, para a população original e as progênies das plantas M1 e M2, em seis locos microssatélites são apresentados na Tabela 8.

A heterozigosidade observada foi superior à esperada para a maioria dos locos avaliados. Os valores de heterozigosidades observadas variaram entre 0,00 e 0,88, enquanto, para a heterozigosidade esperada, os valores foram entre 0,00 e 0,54. Os maiores valores de heterozigosidade esperada e observada foram verificados no loco PE12, progênies M2F3 e Bulk M2. A heterozigosidade esperada foi inferior à observada, em todos os locos para a população original. Com relação ao coeficiente de endogamia, a população original apresentou coeficiente médio de 0,19. Os valores médios para as progênies variaram entre -0,10, observado para a progênie M1F3 e 0,22 verificado em M2F1. O loco PE90 apresentou valores de endogamia iguais a 1,00, com exceção da população original que apresentou valor igual a 0,63 e das progênies M1F3 e M2F2 que apresentaram valores respectivos de -0,09 e -0,04. No loco PE24, progênie M2F1, também foi verificado valor de endogamia igual a 1,00.

Tabela 8- Heterozigosidade esperada (He) e observada (Ho), coeficiente de endogamia (f), conteúdo de informação polimórfica (PIC), qui quadrado calculado (χ^2 cal.) e probabilidade do qui quadrado (χ^2 pr.) para a população original (PO) e as progênies das plantas M1 e M2, em seis locos microssatélites. Viçosa-MG.

Loco	PO	Planta M1				Planta M2				
		M1F1	M1F2	M1F3	Bulk M1	M2F1	M2F2	M2F3	Bulk M2	
PE08	He	0,37	0,31	0,19	0,19	0,26	0,41	0,46	0,47	0,48
	Ho	0,38	0,38	0,21	0,21	0,29	0,46	0,58	0,42	0,54
	f	-0,03	-0,20	-0,12	-0,10	-0,13	-0,13	-0,27	0,11	-0,12
	PIC	0,34	0,27	0,17	0,18	0,24	0,34	0,40	0,39	0,40
	χ^2 cal.	4,48	1,28	0,71	0,32	0,7	0,75	2,75	1,61	1,39
	χ^2 pr.	0,21	0,73	0,87	0,95	0,87	0,86	0,43	0,66	0,71
PE12	He	0,58	0,47	0,57	0,49	0,54	0,56	0,60	0,67	0,63
	Ho	0,54	0,42	0,75	0,50	0,58	0,79	0,63	0,88	0,83
	f	0,06	0,11	-0,33	-0,01	-0,09	-0,41	-0,04	-0,31	-0,31
	PIC	0,49	0,36	0,47	0,39	0,43	0,48	0,52	0,59	0,56
	χ^2 cal.	7,00	0,30	4,28	1,71	0,28	9,15	1,36	8,15	4,47
	χ^2 pr.	0,07	0,59	0,23	0,63	0,96	0,03	0,71	0,04	0,22
PE18	He	0,39	0,30	0,35	0,19	0,25	0,50	0,38	0,50	0,46
	Ho	0,48	0,38	0,46	0,21	0,29	0,38	0,33	0,58	0,46
	f	-0,22	-0,23	-0,30	-0,12	-0,17	0,25	0,11	-0,17	0,00
	PIC	0,34	0,26	0,29	0,17	0,22	0,37	0,30	0,38	0,35
	χ^2 cal.	3,41	1,63	2,62	0,36	0,82	2,27	1,42	9,70	2,53
	χ^2 pr.	0,33	0,65	0,45	0,95	0,84	0,52	0,70	0,02	0,47
PE24	He	0,59	0,04	0,15	0,08	0,16	0,00	0,12	0,45	0,19
	Ho	0,15	0,04	0,17	0,08	0,17	0,00	0,13	0,58	0,21
	f	0,75	-0,02	-0,09	-0,03	-0,07	1,00	-0,05	-0,28	-0,09
	PIC	0,51	0,04	0,14	0,08	0,15	0,00	0,12	0,41	0,18
	χ^2 cal.	67,71	2,54	3,98	1,09	2,24	2,01	0,77	7,74	0,74
	χ^2 pr.	0,00	0,47	0,26	0,98	0,90	0,57	0,99	0,26	0,99
PE42	He	0,25	0,43	0,35	0,33	0,38	0,40	0,15	0,12	0,25
	Ho	0,25	0,63	0,46	0,42	0,50	0,54	0,17	0,13	0,29
	f	0,00	-0,45	-0,30	-0,26	-0,33	-0,37	-0,09	-0,07	-0,17
	PIC	0,22	0,34	0,29	0,28	0,30	0,32	0,14	0,11	0,22
	χ^2 cal.	0,00	4,96	2,12	1,66	2,67	3,31	0,20	0,11	0,70
	χ^2 pr.	0,98	0,03	0,15	0,20	0,10	0,07	0,66	0,74	0,40
PE90	He	0,17	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
	Ho	0,06	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
	f	0,63	1,00	1,00	-0,09	1,00	1,00	-0,04	1,00	1,00
	PIC	0,16	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
	χ^2 cal.	19,18	0,97	0,22	0,20	0,33	0,49	0,05	0,00	0,03
	χ^2 pr.	0,00	0,33	0,64	0,66	0,56	0,49	0,83	0,98	0,86

Os valores de conteúdo de informação polimórfica (PIC), para a população original e as progênes, variaram de zero a 0,59 (Tabela 8). Os maiores valores de PIC foram observados para o loco PE12 que apresentou valores entre 0,36, verificado para a progênie M1F1 e 0,59 para M2F3. O loco PE90 foi o menos informativo, com valores iguais a zero para a maioria das progênes estudadas. Com relação ao equilíbrio de Hardy-Weinberg para as progênes avaliadas, a maioria dos locos se encontram em equilíbrio. O desequilíbrio foi verificado nos locos PE24 e PE90 para a população original, loco PE42 progênie M1F1, loco PE12 progênie M2F1 e locos PE12 e PE18 progênie M2F3.

A estruturação da variabilidade genética, realizada pela AMOVA (Tabela 9), indicou diferenças significativas apenas para a variação dentro de progênes (0,26, $p < 0,05$). Da variação global, 18,04% é atribuída a variação entre as progênes estudadas. Desta variação, 9,15% é correspondente a variação entre plantas mães (M1 e M2), 8,89% corresponde a variação entre progênes dentro de cada planta. O restante, 81,96% corresponde a variação dentro das progênes.

Tabela 9- Resumo da análise molecular (AMOVA) para progênes de maracujazeiro azedo de polinização aberta oriundas das plantas mãe M1 e M2- Viçosa, 2016.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrados	ECV	Variação (%)	Estatística Φ
Entre plantas	1	2,97	0,03	9,15	$\Phi_{SG} = 0,10^{ns}$
Entre progênes/Dentro de planta	4	2,79	0,03	8,89	$\Phi_{GT} = 0,09^{ns}$
Dentro de progênes	138	35,16	0,26	81,96	$\Phi_{ST} = 0,18^*$
Total	143	40,91	0,311	100	

GL: graus de liberdade; ECV: estimativa dos componentes de variação; ^{ns}: não significativo; ^{*}: significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 2, representa graficamente a estrutura genética existente entre a população original e as progênes. O agrupamento pelo método de UPGMA, a partir do coeficiente de diversidade genética de Nei (1972) (G_{ST}) evidenciou a formação de três grandes grupos, ao realizar um corte a 50%. Os grupos formados foram agrupados de acordo com sua origem. Desta forma, a população original foi agrupada separadamente das progênes, que também se dividiram de acordo com a origem materna, ou seja, as progênes da planta M1 formaram um grupo e as progênes da planta M2 formaram outro grupo. A distância genética média verificada foi de 0,04, a maior distância observada foi entre M2F3 e M1F3 com valor de 0,10. A menor distância foi entre M2F2 e Bulk M2 com valor inferior a 0,01.

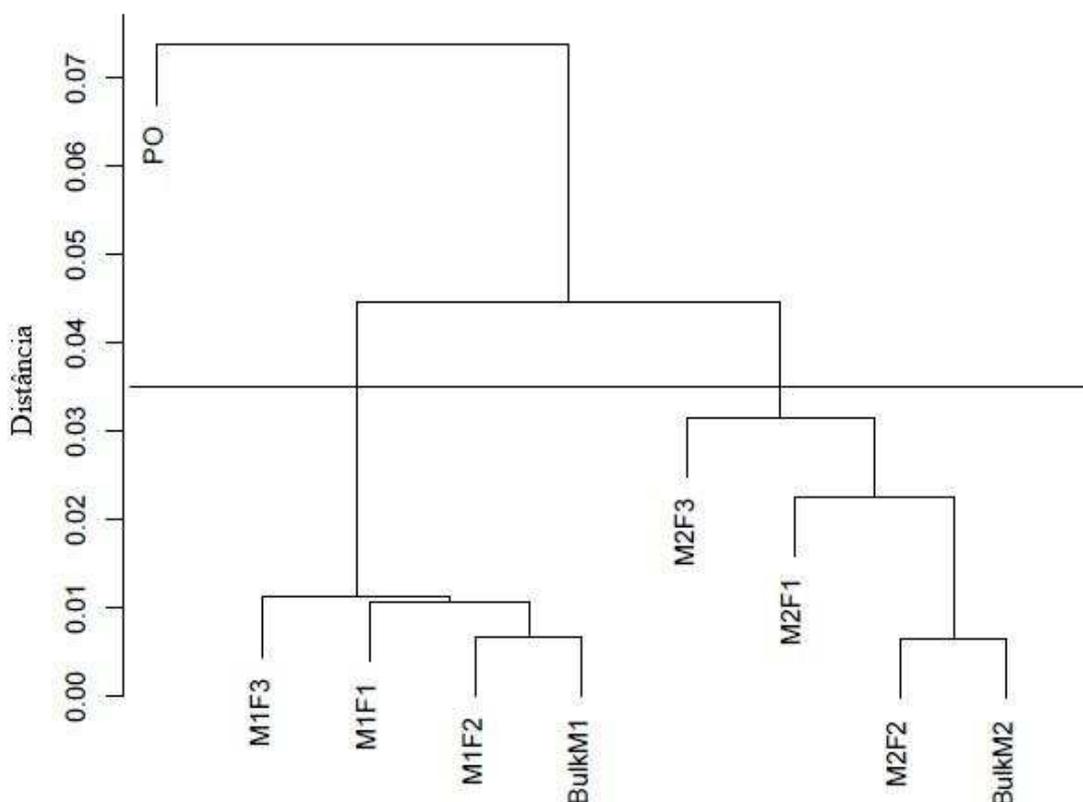


Figura 2- Dendrograma representando a estruturação genética para a população original (PO) e as progênes das plantas M1 e M2 de maracujazeiro azedo, obtido através do coeficiente de diversidade genética da Nei (1972) (matriz GST). Viçosa, 2016.

4. DISCUSSÃO

O teste de híbridos demonstrou que as progênes de polinização aberta oriundas de um único fruto são resultado de vários cruzamentos entre a planta mãe e diferentes genitores. Ou seja, para a formação das progênes houve a participação de mais de um genitor masculino doando pólen para fecundação da flor. A alogamia, e a dependência de polinizadores entomófilos, preferencialmente do gênero *Xylocopa* (AKAMINE e GIROLAME, 1959; MARCO FILHO, 2005; SIQUEIRA et al., 2009) influenciam na ocorrência de mais de um genitor participando da fecundação de uma única flor de maracujazeiro azedo.

A diferenças significativas entre as frequências esperadas e observadas, nos locos avaliados, sugerem que apesar de mais de um cruzamento estar envolvido na formação das progênes de polinização aberta de um único fruto, os cruzamentos são aleatórios e em número variável. A flor no momento da polinização, não necessariamente irá receber pólenes de todos os indivíduos pertencentes a população a qual está inserida.

O número de flores de diferentes indivíduos visitadas por um mesmo inseto e o número de visitantes que uma flor recebe são determinantes sob o número de indivíduos

envolvidos na formação da progênie. Dessa maneira, quanto maior o número de visitantes em uma flor e/ou maior o número de plantas diferentes visitadas por uma abelha, maior a diversidade de indivíduos envolvidos na formação da progênie e maior a variabilidade genética na progênie que será formada.

Para o estudo das frequências esperadas e observadas, foram verificadas diferenças significativas em pelos ao menos dois locos para as progênies avaliadas. Estes resultados sugerem que independente de ser uma progênie de um único fruto ou um Bulk formado a partir de três frutos, a composição genotípica observada, não é representativa da composição genotípica verificada para a população original. Em termos práticos, no melhoramento, isso significa que ao obtermos uma progênie de polinização de aberta em maracujazeiro azedo, mesmo se realizarmos uma mistura de indivíduos de diferentes frutos da planta, pode ser que ainda assim não seja possível obter um composto representativo da diversidade genética da população.

A relação de parentesco entre os indivíduos das progênies foi confirmada pela proporção de genes idênticos por descendência (IBD). O IBD médio das progênies estudadas variou entre 0,26 e 0,30. Sabe-se que o IBD é análogo ao coeficiente de parentesco de Wright (MARTINEZ e VULKASINOVK, 2000; SOUZA, 2003; TOMAZ et al., 2013), com isso valores próximos a 0,25 sugerem que os indivíduos avaliados são famílias de meios irmãos.

O número de cruzamentos ocorridos para a formação das progênies de polinização aberta é suficiente para que as progênies avaliadas sejam consideradas de meios irmãos. No entanto, conforme demonstrado, apesar de mais de um genitor masculino participar da formação da progênie, os cruzamentos que ocorrem podem não ser representativos da população original. As progênies obtidas podem não apresentar as frequências genotípicas esperadas com ausência de alelos presentes na população original

A diversidade genética observada nas progênies de polinização aberta foi menor que a verificada na população original. Houve perda de alelos, ocorrência de alelos raros com frequência menor que 0,05 e entrada de alguns locos em homozigose em todas as progênies. Reis et al. (2011) verificaram, no caso de seleção recorrente em maracujazeiro azedo, a perda e fixação de alelos nos ciclos de seleção. Para os autores, no caso de seleção em populações pequenas, pode haver problemas com o tamanho efetivo da população, aumentando a probabilidade de perda de alelos.

Nas progênies de polinização aberta de maracujazeiro, apesar da polinização ocorrer naturalmente, sem interferência humana, pode-se considerar que o inseto indiretamente está realizando uma seleção. Nem todas as plantas em uma determinada

área são visitadas pelo inseto polinizador, a visita depende de alguns fatores como a atração, seja pela flor mais vistosa, pela distância entre as plantas visitadas ou mesmo pela morfologia da flor. Todos estes fatores promovem uma seleção natural, que conseqüentemente podem estar afetando as frequências alélicas e genotípicas das próximas gerações. Com o objetivo de amenizar essa seleção natural, que não é do interesse do melhorista, uma alternativa é aumentar o número de frutos coletados para formação das progênes de polinização aberta.

A heterozigosidade média observada, que na população original foi inferior à esperada, apresentou comportamento inverso para as progênes. Essa heterozigosidade observada maior que a esperada, indica excesso de heterozigotos, mesmo com a ocorrência de alguns locos em homozigose, como observado nas progênes. O excesso de heterozigotos na população pode estar relacionado a autoincompatibilidade presente na espécie que impede autofecundações e cruzamentos entre indivíduos aparentado.

O desequilíbrio verificado no teste de qui quadrado para o equilíbrio de Hardy-Weinberg em alguns locos pode ter sido influenciado tanto pelo excesso de heterozigotos, quanto pelos locos em homozigose. Furlan et al. (2007), estudando a variabilidade genética em uma população base de melhoramento, sua manutenção na seleção de matrizes e na geração F1 de *Pinus caribacea* var. *hondurensis*, observaram maior desvio entre heterozigosidade esperada e observada para a seleção de matrizes, que apresentou valores de heterozigosidade observada superiores a heterozigosidade esperada. Para essas populações o desequilíbrio foi verificado apenas para um loco, menos do que esperado quando se aplica um dos fatores que afetam o equilíbrio de Hardy-Weinberg em uma população.

Com relação ao conteúdo de informação polimórfica (PIC), Botstein et al. (1980) classificam os marcadores como pouco informativos, quando os valores de PIC são menores que 0,25, moderadamente informativos quando apresentam valores entre 0,25 e 0,50 e muito informativos quando os valores superam 0,50. Nas progênes avaliadas e na população original, verifica-se que apesar dos locos PE90, PE24 e PE42 terem apresentado para a maioria valores baixos PIC com médias inferiores a 0,25, os resultados obtidos foram suficientes para diferenciar os indivíduos.

O coeficiente médio de endogamia nas progênes foi próximo a zero, com valores positivos e negativos, sugerindo ausência de endogamia. Cerqueira-Silva et al. (2015), avaliando 23 locos de 36 acessos de *Passiflora edulis* Sims, verificaram coeficiente médio de endogamia positivo. Este resultado é discordante ao observado para as progênes de

polinização aberta estudadas que apresentaram valores positivos e negativos, porém para a maioria das progênies próximos de zero.

Comparando o coeficiente de endogamia observado na população original com o observado nas progênies, com exceção de M2F1, verifica-se redução da endogamia. Este resultado pode ser explicado pela ocorrência de mistura de pólenes de indivíduos não aparentados, o que também é evidenciado pelas médias de heterozigosidade esperada e observada nas progênies que demonstraram excesso de heterozigotos. Em seleção recorrente, Reis et al. (2011) verificaram aumento do coeficiente de endogamia com o avanço no ciclo de seleção.

A AMOVA, considerando três níveis hierárquicos, variação entre plantas mãe, entre progênies e dentro de progênies, demonstrou que a maior variação se encontra dentro de progênies, não apresentando diferenças significativas entre plantas e entre progênies dentro de plantas. Segundo Gomes et al. (2011), em espécies arbóreas, diversos estudos com marcadores moleculares têm demonstrado que a maior variação ocorre dentro de progênies, resultado concordante ao verificado no presente estudo.

As características de alogamia, autoincompatibilidade gametofítica e esporofítica e, conforme demonstrado, a mistura de pólenes que ocorre durante o processo de polinização no maracujazeiro azedo, podem ser as prováveis explicações para a maior variação observada dentro de progênies. Em contrapartida, a não significância observada entre plantas e entre progênies dentro de planta pode ser compreendida devido a pequena variabilidade encontrada na população original.

Matheri et al. (2016) encontrou resultados diferentes dos observados no presente estudo. Os autores, avaliando a diversidade genética de híbridos de maracujazeiro, encontraram que a maior variação, 57%, se encontra entre populações. Este resultado pode ter sido obtido devido a origem dos híbridos estudados que eram cruzamentos entre maracujazeiro azedo e maracujazeiro roxo, variedades com características distintas dentro da espécie levando a maior variação entre populações.

O dendograma construído a partir do coeficiente de diversidade genética de Nei (1972) (G_{ST}) separou as sete populações estudadas (população original e as seis progênies de polinização aberta) em três grupos distintos, agrupando as progênies de acordo com sua origem materna. Matheri et al. (2016) estudando a variabilidade genética de híbridos de *Passiflora edulis* verificaram que na análise de agrupamento os acessos se agruparam de acordo com o seu parentesco genético, resultado concordante ao verificado no presente estudo.

A confirmação de que as progênies de polinização aberta de maracujazeiro azedo são de meios irmãos e a constatação de que a composição genotípica observada nas progênies não é representativa da composição genotípica da população é um dado relevante ao melhoramento genético do maracujazeiro. A opção por progênies de polinização aberta, deve ser escolhida com critério, uma vez que apesar da participação de mais de um genitor na formação da progênie, pode ocorrer um estreitamento genético que pode não ser o objetivo do melhoramento, semelhante ao observado em progênies de irmãos completos, neste caso devido a seleção natural que ocorre. Uma alternativa para evitar este estreitamento genético é a obtenção de progênies de polinização aberta a partir de um número maior de frutos, aumentando as chances de obter uma progênie que representa a composição genotípica de sua população.

5. CONCLUSÕES

Progênes de maracujazeiro azedo formadas de um único fruto não apresentam composição genotípica representativa de sua população de origem. É necessário, a utilização de um maior número de frutos para que progênie obtida represente melhor a composição genotípica da população a qual seus genitores pertencem.

Existe maior variação genética dentro de progênes de um único fruto de uma mesma planta que a observada entres as progênes obtidas de um único fruto da mesma planta e é influenciada pelo número e diversidade genética de genitores envolvidos na formação das progênes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAMINE, E. K.; GIROLAMI, G. **Pollination and fruit set in the yellow passion fruit**. Honolulu: University of Hawaii, Hawaii Agricultural Experiment Station, 1959. 44p. (Technical Bulletin, 39).

BECK, D.; BANZIGER, M.; PALIWAL, S.; SETIMELA P. Produção de semente de variedades de polinização aberta de milho. In: SETIMELA, P.S., E. MONYO, e M. BÄNZIGER (eds). 2004. **Produção de Sementes de Culturas Alimentares na Região da SADC**: Manual 1. México, D.F.: CIMMYT.

BOTSTEIN, D.; WHITE, R.L.; SKOLMICK, H.; DAVIS, R. W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. **American Journal of Human Genetics**, v.32, p.314-331, 1980.

BRITO, G. G.; CAIXETA, E. T.; GALLINA, A. P.; MACIEL-ZAMBOLIM, E.; ZAMBOLIM, L.; DIOLA, V.; LOUREIRO, M. E. Inheritance of coffee leaf rust resistance and identification of AFLP markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, v. 173, n. 2, p. 255–264, 2010.

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

BRUCKNER, C.H.; SUASSUNA, T. M. F.; RÊGO, M. M. do; NUNES, E. S. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (ed.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 317-338, 2005.

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**, v. 370, p.45-57, 1995.

CAIXETA, E. T.; FERRÃO, L. F. V.; MACIEL-ZAMBOLIM, E. Marcadores moleculares. In: BORÉM, A.; FRITSCHÉ-NETO, R. (Ed.). **Biotecnologia aplicada ao melhoramento de plantas**, Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013, p. 9-30.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; JESUS, O. N.; OLIVEIRA E. J.; SANTOS, E. S. L.; SOUZA, A. P. Characterization and selection of passion fruit (yellow and purple) accessions based on molecular markers and disease reactions for use in breeding programs. **Euphytica**, v.202, s/n, p. 345–359, 2015.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; JESUS, O. N.; SANTOS, E. S. L.; CORRÊA, R. X.; SOUZA, A. P. Genetic breeding and diversity of the genus *Passiflora*: Progress and perspectives in molecular and genetic studies, **International Journal of Molecular Science**, v.15, n.8, p.14122-14152, 2014.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

FURLAN, R. de A.; MORI, E.S.; TAMBARUSSI, E.V.; MORAES, C.B. de; JESUS, F.A. de; ZIMBACK, L. Estrutura genética de populações de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, v.66, p.553-563, 2007.

GOMES, L. R. P.; LOPES, M. T. G.; BENTES, J. L. D.; BARROS, W. S.; NETO, P. D. C.; CONTIM, L. A. S. Genetic diversity in natural populations of Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 3, p. 216 - 223, 2011.

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**, v.42, p.689-694, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495p.

MARTINEZ, M. L.; VUKASINOVIC, N. Algoritmo para cálculo da proporção de genes idênticos por descendência, para mapear QTL em famílias de meio-irmãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.443-451, 2000.

MATHERI, F.; TEYA, F.; KIOKO, F.; MAWIA, A. M.; MWANGI, M.; KIRUBI, D. T.; NGUGI, M.; RUNO, S. Genotyping of Kenyan *Passiflora Edulis* Flavicarpa Hybrid Accessions and their Parents using SSR Markers. **Vegetos**, v..29, n.4, p. 1-4, 2016.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, E. 083-091, 2011.

NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided population. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 70, n.12, p. 3321-3323, 1973.

OLIVEIRA, E.J. **Desenvolvimento e uso de marcadores microsatélites para a construção e integração de mapas genéticos de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg*)**. Tese (Doutorado em Agronomia. Piracicaba São Paulo. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 153 p, 2006.

OLIVEIRA, E. J. de; PÁDUA, J. G.; ZUCCHI, M. I.; CAMARGO, L. E. A.; FUNGARO, M. H. P.; VIEIRA, M. L. C. Development and characterization of microsatellite markers from the yellow passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). **Molecular Ecology Notes**, v.5, p.331-333, 2005.

PAIVA, C. L.; VIANA, A. P.; SANTOS, E. A.; FREITAS, J. C. de O.; SILVA, R. N. O.; OLIVEIRA, E. J. de. Genetic variability assessment in the genus *Passiflora* by SSR markers. **Chilean Journal of Agricultural e Research**, v.74, n. 3, 2014.

PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S.; VIANA, A. P. Marcadores moleculares aplicados ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (ed.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 317-338, 2005.

REIS, R. V. dos; OLIVEIRA, E. J. de; VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S. PEREIRA, M. G.; SILVA, M. G. de M. Diversidade genética em seleção recorrente de

maracujazeiro-amarelo detectada por marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.1, p.51-57, 2011.

SIQUEIRA K. M. M. de; KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B.; MONTEIRO, S. P.; FEITOZA, E. de A. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal , v. 31, n. 1, p. 001-012, 2009.

SOUZA, G. H. de. **Deteção de QTLs em famílias de meios-irmãos por meio de genes idênticos por descendência, utilizando simulação.** Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento). Viçosa, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, 53 p, 2003.

SUASSUNA, T.M.; BRUCKNER, C.H.; CARVALHO, R.; BORÉM, A. self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, p. 298-302, 2003.

TOMAZ, S. R.; SALGADO, C. C.; TOMÉ, L. G. O.; CRUZ, C. D. Deteção de QTL em populações exogâmicas. In: CRUZ, C. D.; SALGADO, C. C.; BHERING, L. L. (ed.) **Genômica aplicada.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013, p.169-200.

CAPITULO II

PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO APLICADAS A PROGÊNIES F1 DE MARACUJAZEIRO AZEDO

RESUMO

O Brasil é um dos principais produtores de maracujá azedo do mundo. A cultura se encontra em constante expansão, o que torna o melhoramento genético fundamental para garantir seu desenvolvimento, através da obtenção de novas variedades. A obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e o estudo de estratégias de seleção são de grande importância no melhoramento genético do maracujazeiro azedo. O objetivo do presente trabalho foi obter as estimativas de parâmetros genéticos e definir a melhor estratégia de seleção em progênies F1 de maracujazeiro azedo. Nove famílias de irmãos completos, obtidas do cruzamento entre linhagens endogâmicas e genótipos heterozigóticos, estabelecidas em delineamento de blocos ao acaso com cinco repetições e quatro plantas por parcela, foram avaliadas quanto às características de fruto. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo estimados a variância genética entre e dentro de famílias, os coeficientes de herdabilidade entre e dentro de famílias e o coeficiente de variação genética entre famílias. As estratégias de seleção aplicadas foram, o índice de Mulamba e Mock, índice de Smith e Hazel, seleção entre e dentro de famílias e seleção combinada. As estimativas de parâmetros genéticos para massa de fruto, massa de polpa, massa de casca e espessura de casca demonstraram alta variabilidade genética. Os coeficientes de herdabilidade para estas características foram respectivamente, 0,95; 0,34; 1,00 e 1,00. Os teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, rendimento de polpa e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável apresentaram coeficientes de herdabilidade iguais a zero. Os maiores ganhos de seleção foram obtidos através da seleção combinada, seguido da seleção entre e dentro de famílias. Os índices de seleção apresentaram ganhos inferiores a 10%. As estimativas de parâmetros genéticos evidenciaram presença de variabilidade genética na população e os maiores ganhos de seleção foram preditos para a seleção combinada.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sms, variabilidade genética, melhoramento genético.

CHAPTER II

GENETIC PARAMETERS AND SELECTION STRATEGIES APPLIED TO F1 PROGENIES OF PASSION FRUIT

ABSTRACT

Brazil is one of the main producers of sour passion fruit in the world. The crop is constantly expanding, which makes genetic improvement fundamental to guarantee its development, by obtaining new varieties. The estimates of genetic parameters and the study of selection strategies are of great importance in the genetic improvement of sour passion fruit. The objective of the present work was to estimate the genetic parameter and to define the best selection strategy in F1 passion fruit progenies. Nine families of complete siblings, obtained from the cross between inbred lineages and heterozygous genotypes, established in a randomized block design with five replications and four plants per plot, were evaluated for fruit characteristics. The data were submitted to analysis of variance, being estimated the genetic variance between and within families, the coefficients of heritability between and within families and the coefficient of genetic variation among families. The selection strategies applied were the Mulamba and Mock index, Smith and Hazel index, selection among and within families and combined selection. Estimates of genetic parameters for fruit mass, pulp mass, bark mass and bark thickness showed high genetic variability. The heritability coefficients for these characteristics were, respectively, 0.95; 0.34; 1.00 and 1.00. Total soluble solids, titratable total acidity, pulp yield and total soluble solids / total titratable acidity values showed heritability coefficients equal to zero. The greatest selection gains were obtained through the combined selection, followed by the selection between and within families. The selection indexes presented gains below 10%. Estimates of genetic parameters evidenced the presence of genetic variability in the population and the highest selection gains were predicted for the combined selection.

Key words: *Passiflora edulis* Sms, genetic variability, genetic improvement.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de maracujá azedo. No ano de 2014 a produção de maracujá azedo no Brasil foi em torno de 820.000 toneladas, com destaque para a região Nordeste que foi responsável por 71% desta produção, com uma produtividade média de 14,00 ton ha⁻¹. A região Sudeste vem logo em seguida respondendo por 16% da produção nacional, com uma produtividade no mesmo ano de 21,00 ton ha⁻¹ (IBGE, 2016).

O maracujazeiro azedo é uma espécie nativa do Brasil e se encontra amplamente distribuída por toda a América do Sul e Central (BERNACCI, et al. 2008). A espécie *Passiflora edulis* Sims é alógama e autoincompatível (SUASSUNA et al., 2003) apresentando elevada variabilidade genética mesmo com sua exploração comercial. Dadas essas características, os programas de melhoramento de maracujazeiro têm preconizado a obtenção de híbridos, explorando a heterose, sendo um dos grandes desafios à seleção de materiais que expressem em seu fenótipo o maior número possível de caracteres agronômicos de importância (FREITAS et al., 2012; NEVES et al., 2013).

Características como produtividade e qualidade de frutos são fatores de grande importância que sempre devem ser levados em consideração em um programa de melhoramento, independente das demais características que serão incorporadas a uma futura cultivar (ZACCHEO et al., 2012).

Para obter o maior ganho com a seleção em um programa de melhoramento para qualquer cultura é interessante o estudo dos parâmetros genéticos da população e da melhor estratégia de seleção a ser aplicada. Segundo Falconer (1987), os parâmetros genéticos estimados em uma população referem-se especificamente aquela população. Estas estimativas são essenciais para se conhecer a estrutura genética da população, pois permitem entender a origem da variação presente, direcionando o melhorista quanto à melhor estratégia de seleção a ser aplicada.

Diversas estratégias de seleção aplicadas à cultura do maracujazeiro azedo têm sido relatadas na literatura (FREITAS et al., 2012; GONÇALVES et al., 2007; NEVES et al., 2011; SANTOS et al., 2012). Os índices de seleção de Mulamba e Mock (1978) e de Smith (1936) e Hazel (1943) e as seleções entre e dentro e seleção combinada são frequentemente aplicadas ao melhoramento genético do maracujazeiro azedo. Os índices de seleção são interessantes por permitirem a seleção simultânea, a partir das diferentes características consideradas. Segundo Garcia e Souza Junior (1999) o índice de seleção corresponde a um valor, definido por uma função linear de valores genotípicos de

diversos caracteres, ponderados por um valor econômico relativo atribuído pelo melhorista com base nos objetivos do melhoramento.

A seleção entre e dentro e a seleção combinada diferentemente dos índices de seleção estimam os ganhos para cada característica. De acordo com Paula et al. (2002), a predição de ganhos referentes a critérios individuais permite ao melhorista direcionar a seleção para aquelas características de maior interesse. No entanto, a seleção combinada difere da seleção entre e dentro por fazer uma seleção individual na população, enquanto na seleção entre dentro, considera-se inicialmente as famílias e dentro das famílias selecionadas os indivíduos superiores (CRUZ et al., 2004; FALCONER et al., 1987; PIRES et al., 1996).

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi obter as estimativas de parâmetros genéticos e definir a melhor estratégia de seleção em uma população F1 de maracujazeiro azedo para as características de fruto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas nove progênes de irmãos completos de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) quanto às características de frutos. As progênes foram obtidas de cruzamentos entre linhagens com baixa exigência em fotoperíodo (2^o geração de autopolinização, obtidos através de metodologia descrita por LIRA JUNIOR et al., 2016) e genótipos com algum grau de resistência à Fusariose (*Fusarium* sp.). Todas as linhagens foram selecionadas pelo Programa de Melhoramento Genético em Maracujazeiro azedo da Universidade Federal de Viçosa, conforme descrito na Tabela 1.

O experimento foi conduzido na Fazenda experimental de Araponga, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, no município de Araponga-MG (20° 40' de latitude sul e 42° 31' de longitude oeste, altitude 885 m em relação ao nível do mar) no período de agosto de 2015 a fevereiro de 2017.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com nove progênes e cinco repetições com quatro plantas por parcela. Para obtenção das progênes foram realizados durante o mês de dezembro de 2014, cruzamentos controlados em plantas mantidas em casa de vegetação no setor de fruticultura da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG (20° 45' de latitude sul e 42° 51' de longitude oeste, altitude de 650 m em relação ao nível do mar).

Os frutos foram colhidos totalmente maduros, cerca de 65 dias após a polinização. A produção de mudas foi realizada no mesmo local, no mês de março de 2015, sendo o

transplântio das mudas realizado após cinco meses. O espaçamento utilizado foi de 4 x 3 m, em sistema de condução de espaldeira com um fio de arame a 1,80 m de altura.

Tabela 1- Identificação (Id) e ascendência das progênies de maracujazeiro azedo avaliados. Araponga-MG, 2016.

Id	Ascendência	
	Genitor feminino (♀)	Genitor masculino (♂)
H42	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)	Genótipo mutante resistente ao mix de 13 isolados de <i>F. oxysporum</i> f sp. <i>Passiflorae</i> (UFV54)
H43	Genótipo mutante resistente ao mix de 13 isolados de <i>F. oxysporum</i> f sp. <i>Passiflorae</i> (UFV54)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)
H44	BRS Sol do Cerrado resistente ao Mix de 13 isolados de <i>F. solani</i> (Sol35)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)
H45	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)
H46	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)
H47	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)
H48	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)
H49	BRS Sol do Cerrado resistente ao Mix de 13 isolados de <i>F. solani</i> (Sol35)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)
H50	Genótipo mutante resistente ao mix de 13 isolados de <i>F. oxysporum</i> f sp. <i>Passiflorae</i> (UFV54)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)

Durante a condução do experimento, foram realizados os tratos culturais recomendados à cultura, como condução da planta, poda, adubação, irrigação, controle de plantas daninhas e controle de pragas e doenças. A adubação foi realizada conforme recomendações de Souza et al. (1999).

No primeiro ano de produção da população F1 de maracujazeiro azedo, foram realizadas as seguintes análises para a caracterização dos frutos: massa do fruto, (MF), em g; massa da casca (MC) e massa da polpa (MP), em g; comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, em mm; espessura da casca (EC) dos frutos (mm); rendimento de polpa (RP), em %; teor de sólidos solúveis totais (SST); acidez total titulável (ATT), em %; e relação sólidos solúveis totais/Acidez total titulável (SST/ATT).

As análises estatísticas foram realizadas por meio do Programa Genes (CRUZ, 2013). Para obter as estimativas de parâmetros genéticos e identificar a melhor estratégia

de seleção, as características de frutos foram submetidas à análise de variância, aplicando-se o delineamento em blocos ao acaso com informação dentro de parcela, conforme modelo descrito a seguir.

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

Y_{ijk} = observação k -ésima planta, na i -ésima família, do j -ésimo bloco;

μ = média geral da população;

G_i = efeito da i -ésima família ($i = 1, 2, \dots, g, G_i \sim \text{NID}(0, \sigma_g^2)$);

B_j = efeito da j -ésima bloco ($j = 1, 2, \dots, r, B_j \sim \text{NID}(0, \sigma_b^2)$);

ε_{ij} = efeito aleatório ambiental existente entre parcelas ($\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$);

ε_{ij} = efeito aleatório ambiental existente entre parcelas ($\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$);

δ_{ijk} = efeito aleatório existente entre plantas dentro da parcela $k = 1, 2, \dots, n$ e $\delta_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma_d^2)$.

Para estimar os parâmetros genéticos da população estudada, foi levado em consideração, a população ser composta de famílias de irmãos completos ($\sigma_g^2 = \frac{1}{2}\sigma_A^2 + \frac{3}{4}\sigma_D^2$), sendo: σ_A^2 = variância genética aditiva e σ_D^2 = variância atribuída aos desvios de dominância). Foram estimados: componente de variância genética entre médias de famílias ($\hat{\sigma}_{gm}^2$); variância genética dentro de famílias ($\hat{\sigma}_{gd}^2$); herdabilidade em nível de média de famílias de irmãos completos (h_m^2); herdabilidade em nível de famílias para seleção entre plantas dentro de famílias (h_d^2); coeficiente de variação genético entre famílias (CV_{ge}), em %; e o coeficiente de variação experimental (CV_{ex}), em %.

Posteriormente, os ganhos de seleção foram estimados aplicando-se as estratégias de seleção: índice de Mulamba e Mock (1978) (IMM); índice de Smith (1936) e Hazel (1943) (ISH); seleção entre e dentro de famílias (SED) e seleção combinada (SC). Para a utilização dos índices de Mulamba e Mock (1978) e de Smith (1936) e Hazel (1943), na seleção, foi adotado como peso econômico as médias originais da população e optou pela seleção de 50 % das progênies avaliadas para estimação dos ganhos com a seleção. As características foram avaliadas no sentido de acréscimo no caráter, exceto espessura de casca e peso de casca que foram avaliadas no sentido de decréscimo.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos indicaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para a maioria das características avaliadas, com exceção dos

teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável. (Tabela 2).

Na população estudada, as estimativas de variância genética entre médias de famílias foram de 0,00 para acidez total titulável a 512,92 para massa de fruto. A variância genética dentro de famílias apresentou valores entre 0,03, observado para a acidez total titulável, e 452,12, para massa de frutos. Com relação aos coeficientes de herdabilidade entre e dentro de famílias, foram observados valores superiores a 0,90 para massa de fruto, espessura de casca e massa de casca. Valores iguais a zero, foram observados para o comprimento de fruto, teor de sólidos solúveis totais, rendimento de polpa, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.

As características massa de fruto, massa de polpa, espessura de casca e massa de casca apresentaram os maiores coeficientes de variação genética, variando entre 12,34% e 14,56%. As demais características apresentaram coeficientes de variação genética de 2,59; 3,26; 1,03; 4,78; 1,48 e 2,53%, respectivamente para comprimento de fruto, diâmetro de fruto, teor de sólidos solúveis totais, rendimento de polpa, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável. Para o coeficiente de variação ambiental, os valores observados foram entre 3,60 e 11,21 %. Os maiores valores foram para massa de fruto (9,68 %), massa de polpa (10,29 %), espessura de casca (8,63 %) e massa de casca (11,21%).

Para a razão entre coeficiente de variação genético e coeficiente de variação ambiental, as características massa de fruto, diâmetro de fruto, massa de polpa, espessura de casca e massa de casca apresentaram valores entre 0,90 a 1,30. As características comprimento de fruto, teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável, apresentaram razão entre os coeficientes variando de 0,25, observado para acidez total titulável, a 0,66, para comprimento de fruto (Tabela 2).

Tabela 2- Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos e ambientais das características de frutos avaliadas em progênies de irmãos completos em uma população de maracujazeiro azedo. Araponga-MG, 2016.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios									
		MF	CF	DF	MP	EC	MC	SST	RP	ATT	SST/ATT
Bloco	4	1395,5	81,43	67,19	254,62	1,49	744,23	2,87	58,12	0,26	6,48
Progênie	8	10822,50**	150,44**	141,65**	2654,5**	8,00**	3562,8**	1,36 ^{ns}	127,4**	0,06 ^{ns}	1,56 ^{ns}
Entre	32	1137,99	46,51	27,73	324,15	0,71	378,01	0,98	18,76	0,04	0,9
Dentro	127	595,72	25,03	14,05	284,97	0,39	178,91	0,95	27,22	0,04	0,82
Média		179,24	90,48	75,36	90,07	5,04	89,24	13,77	50,22	1,891	7,38
$\hat{\sigma}_{gm}$		512,92	5,5	6,03	123,42	0,39	168,68	0,02	5,76	0	0,03
$\hat{\sigma}_{gd}$		452,12	19,35	10,43	274,59	0,31	126,18	0,94	29,46	0,03	0,8
h_m^2		0,95	0,00	0,51	0,34	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
h_d^2		0,90	0,00	0,27	0,17	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV_{ge}		12,64	2,59	3,26	12,33	12,34	14,55	1,03	4,78	1,48	2,53
$CV_{ex}(\%)$		9,68	3,88	3,6	10,29	8,63	11,21	3,71	4,44	5,74	6,6
CV_{ge}/CV_{ex}		1,30	0,67	0,90	1,20	1,43	1,30	0,28	1,08	0,26	0,38

** : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}: Não-significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade; MF: massa de fruto (g); CF: comprimento do fruto (mm); DF: diâmetro do fruto (mm); MP: massa de polpa (g); EC: espessura de casca (mm); MC: massa de casca (g); SST: teor de sólidos solúveis (°Brix); RP: rendimento de polpa (%); ATT: acidez total titulável (% ácido cítrico); SST/ATT: relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável; $\hat{\sigma}_{gm}$: estimativa de variância entre média de famílias; $\hat{\sigma}_{gd}$: estimativa de variâncias dentro de famílias; h_m^2 : coeficiente de herdabilidade entre médias de famílias; h_d^2 : coeficiente de herdabilidade dentro de famílias; CV_{ge} : coeficiente de variação genético entre famílias; $CV_{ex}(\%)$: coeficiente de variação experimental ($CV_{ex}(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{QME/n}}{\mu}$). + Valores de coeficiente de herdabilidade negativos e/ou maiores que a unidade foram considerados respectivamente como 0,00 e 1,00.

Os ganhos totais com a seleção através dos índices de Mulamba e Mock (IMM) e de Smith e Hazel (ISH) foram respectivamente 35,29 e 31,62% (Tabela 3). Os valores preditos com a aplicação dos índices foram inferiores aos obtidos com a seleção entre e dentro (SED) e com a seleção combinada (SC). Para o IMM, as características massa de fruto, massa de polpa, espessura de casca e massa de casca proporcionaram os maiores ganhos com a seleção, apresentando valores respectivos de 8,79; 7,71; 5,79 e 9,72 %.

As características rendimento de polpa e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável apresentaram perdas com a seleção para os dois índices aplicados. As maiores perdas foram observadas para o ISH, que também apresentou perda na seleção para teor de sólidos solúveis totais. Para espessura de casca foi verificada a maior diferença de ganho de seleção entre os índices aplicados. Os ganhos de seleção observados foram de 5,34 % para o IMM e 3,85 % para o ISH. Os ganhos de seleção para o ISH variaram entre -1,10% para relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável e 8,77% para massa de frutos.

Tabela 3- Estimativas de ganhos preditos (%) em progênies de irmãos completos de maracujazeiro azedo para os índices de Mulamba e Mock (IMM) e de Smith e Hazel (ISH) em uma população de maracujazeiro azedo. Araponga-MG, 2016.

Característica	Média original	IMM ¹		ISH ¹	
		Média predita	GS	Média predita	GS
MF	178,58	196,12	8,79	196,09	8,77
CF	90,33	92,46	1,63	92,37	1,57
DF	75,26	77,40	2,29	77,11	1,98
MP	89,93	97,83	7,71	97,58	7,47
EC	5,02	5,34	5,79	5,23	3,85
MC	88,72	98,36	9,72	98,39	9,74
SST	13,79	13,91	0,25	13,73	-0,12
RP	50,34	49,81	-0,89	49,68	-1,11
ATT	1,89	1,92	0,34	1,94	0,57
SST/ATT	7,38	7,32	-0,34	7,19	-1,10
Total	-	-	35,29	-	31,62

MF: massa de fruto (g); CF: comprimento do fruto (mm); DF: diâmetro do fruto (mm); MP: massa de polpa (g); EC: espessura de casca (mm); MC: massa de casca (g); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); RP: rendimento de polpa (%); ATT: acidez total titulável (% ácido cítrico); SST/ATT: relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável; ¹ : Peso econômico: média original.

Os índices de Mulamba e Mock e de Smith e Hazel, classificaram de forma diferente as progênies, sendo observada concordância apenas na ordenação das progênies H46 e H50 que para os dois índices receberam as ordenações 6º e 8º posição, respectivamente. Para o IMM, as quatro primeiras progênies ordenadas foram H45, H47, H49 e H44 enquanto para o ISH foram H44, H49, H48 e H45 (Tabela 4).

O IMM posicionou nas primeiras colocações as progênes com os maiores valores de massa de fruto, comprimento e diâmetro de fruto. Os valores verificados para as primeiras colocações variaram entre 205,71 g para H45 (1º) e 185,93 g para H44 (4º). A progênie H49 que apresentou massa de fruto com valor de 194,95 g foi classificada em 5º posição devido a sua baixa média de rendimento de polpa e as elevadas médias de espessura e massa de casca (Tabela 4). Em contrapartida, a classificação atribuída pelo ISH, não ordenou nas primeiras posições progênes com maior massa de frutos. Nas primeiras posições foram ordenadas as progênes, H44 (1º), H49 (2º), H48(3º), e H45(4º). Os valores de espessura e massa de casca para estas progênes variaram respectivamente entre 5,06 e 5,98 mm e 88,51 e 107,86 g (Tabela 4).

Tabela 4- Hierarquização obtida através dos índices de Mulamba e Mock (IMM) e de Smith e Hazel (ISH) e as médias para as características de fruto em progênes de irmãos completos de uma população de maracujazeiro azedo. Araponga-MG, 2016.

Prog.	IMM	ISH	Características									
			MF	CF	DF	MP	EC	MC	SST	RP	ATT	SST/ATT
H42	7º	9º	153,65	88,05	71,92	81,00	4,22	73,23	14,05	52,65	1,83	7,74
H43	9º	7º	134,47	85,54	70,29	68,13	4,02	66,04	13,82	50,58	1,83	7,64
H44	4º	1º	185,93	90,27	76,00	98,01	5,06	88,51	13,93	52,7	1,89	7,45
H45	1º	4º	205,71	92,72	77,86	107,32	5,23	98,39	13,76	52,22	1,95	7,15
H46	6º	6º	179,02	89,19	74,25	94,68	4,81	84,34	13,84	52,72	1,87	7,48
H47	2º	5º	195,06	92,4	77,76	96,06	5,24	98,70	13,94	49,34	1,92	7,30
H48	5º	3º	194,95	92,06	76,58	95,06	5,98	99,88	13,21	48,81	1,99	6,77
H49	3º	2º	197,78	94,45	78,00	89,92	5,82	107,86	14,01	44,98	1,91	7,39
H50	8º	8º	160,69	88,26	74,65	79,19	4,78	81,50	13,51	49,01	1,83	7,51

Prog: progênie; MF: massa de fruto (g); CF: comprimento do fruto (mm); DF: diâmetro do fruto (mm); MP: massa de polpa (g); EC: espessura de casca (mm); MC: massa de casca (g); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); RP: rendimento de polpa (%); ATT: acidez total titulável (% ácido cítrico); SST/ATT: relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.

A seleção entre e dentro proporcionou ganhos de seleção totais entre zero e 23,71%, com destaque para as características massa de fruto, espessura de casca e massa de casca que apresentaram ganhos totais, respectivamente de 23,71; -21,61 e 28,83 % (Tabela 5). Os ganhos com a seleção dentro de famílias foram maiores que os ganhos entre famílias, para as características massa de fruto (13,39%) e massa de casca (15,06%). Na seleção entre famílias, as características massa de fruto (10,32%); espessura de casca (-11,26%) e massa de casca (-14,17%) apresentaram os maiores ganhos com a seleção. As características sólidos solúveis totais, rendimento de polpa, acidez total titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável não apresentaram ganhos na seleção entre e dentro de famílias.

Tabela 5- Estimativas de ganhos de seleção (%) preditos entre (GS_e), dentro (GS_d) e totais (GS_{ed}) nas porcentagens de seleção de 50% entre e 25% dentro de famílias de irmãos completos de maracujazeiro azedo. Araponga-2016.

Característica	Média original	Gse	GSd	GSde	Média predita
MF	178,58	10,32	13,39	23,71	220,93
CF	90,33	0,00	0,00	0,00	90,33
DF	75,26	1,51	1,30	2,81	77,37
MP	89,93	3,45	3,29	6,75	96,00
EC	5,02	-11,26	-10,34	-21,61	3,93
MC	88,72	-14,17	-11,95	-26,12	65,55
SST	13,79	0,00	0,00	0,00	13,79
RP	50,34	0,00	0,00	0,00	50,34
ATT	1,89	0,00	0,00	0,00	1,89
SST/ATT	7,38	0,00	0,00	0,00	7,38

MF: massa de fruto (g); CF: comprimento do fruto (mm); DF: diâmetro do fruto (mm); MP: massa de polpa (g); EC: espessura de casca (mm); MC: massa de casca (g); SST: teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix); RP: rendimento de polpa (%); ATT: acidez total titulável (% ácido cítrico); SST/ATT: relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.

Os ganhos preditos na seleção combinada foram superiores aos ganhos obtidos com as demais estratégias de seleção aplicadas à população. Na Tabela 6 são apresentadas as estimativas de pesos relativos ao valor individual da planta (b_i), da família (b_f), o valor relativo (b_i/b_f) e os ganhos esperados pela seleção combinada.

Os valores de b_i para massa de fruto, espessura de casca e massa de casca foram respectivamente, 0,75; 0,90 e 0,84. As características diâmetro e massa de polpa apresentaram valores b_f maiores que os valores de b_i . Os valores de b_i observados foram 0,33 para diâmetro de fruto e 0,21 para massa de polpa. As variáveis comprimento de fruto, sólidos solúveis totais, rendimento de polpa, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável apresentaram valores de b_i e b_f iguais a 0,01, conseqüentemente, a relação entre b_i/b_f para estas características foi igual a 1,00. Estas variáveis apresentaram os menores pesos relativos tanto para o valor individual quanto para a média de famílias.

A seleção combinada aplicada à população proporcionou ganhos de seleção em todas as características consideradas. No entanto, as características comprimento de fruto, teor de sólidos solúveis totais, rendimento de polpa, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT) apresentaram ganhos de seleção entre 0,13 e 0,24 %. Os maiores ganhos com a seleção combinada foram obtidos para massa de fruto (28,16 %), espessura de casca (-27,88 %) e massa de casca (-32,99 %). As características diâmetro de fruto e massa de polpa apresentaram respectivamente, 3,36 e 8,66 % de ganhos com a seleção.

Tabela 6- Estimativas de pesos relativos ao valor individual da planta (b_i), da família (b_f), valor relativo (b_i/b_f) e os ganhos esperados com a seleção combinada para progênes de irmãos completos em uma população de maracujazeiro azedo. Araponga-MG, 2016.

Característica	Média Original	Estimativas dos coeficientes de seleção combinada			Seleção combinada	Média Preditada
		b_i	b_f	b_i/b_f	GS	
MF	178,58	0,75	0,29	2,59	28,16	228,87
CF	90,33	0,01	0,01	1,00	0,14	90,45
DF	75,26	0,23	0,33	0,70	3,36	77,78
MP	89,93	0,17	0,21	0,79	8,66	97,72
EC	5,02	0,90	0,20	4,51	-27,88	3,62
MC	88,72	0,84	0,26	3,22	-32,99	59,45
SST	13,79	0,01	0,01	1,00	0,13	13,80
RP	50,34	0,01	0,01	1,00	0,21	50,44
ATT	1,89	0,01	0,01	1,00	0,18	1,90
SST/ATT	7,38	0,01	0,01	1,00	0,24	7,40

MF: massa de fruto (g); CF: comprimento do fruto (mm); DF: diâmetro do fruto (mm); MP: massa de polpa (g); EC: espessura de casca (mm); MC: massa de casca (g); SST: teor de sólidos solúveis totais (°Brix); RP: rendimento de polpa (%); ATT: acidez total titulável (% ácido cítrico); SST/ATT: relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.

4. DISCUSSÃO

As estimativas de parâmetros genéticos obtidas para a população, indicaram presença de variabilidade para as características avaliadas, com exceção de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis/acidez total titulável. A variabilidade genética observada na população, indica a possibilidade de ganhos com a seleção.

A população avaliada é composta de famílias de irmãos completos, obtidas de hibridações entre genótipos oriundos de duas gerações de autofecundação e genótipos heterozigóticos. A variabilidade genética observada pode ser resultado da heterose proporcionada por esta hibridação. De acordo com Falconer (1987), a quantidade de heterose obtida de um cruzamento é determinada pela diferença de frequências gênicas existentes entre os locos dos genitores que determinam a característica.

A herdabilidade representa a proporção da variação fenotípica presente na população que é decorrente da variação genética. Características com herdabilidade superior a 0,40, são consideradas muito herdáveis (BOURDON, 1997; CRUZ, 2012). Foram observados para massa de fruto, espessura de casca e massa de casca valores de herdabilidade superiores a 0,90. Para estas características também foram verificados os maiores valores de coeficiente de variação genética, estimativa diretamente proporcional a variação genética da população.

Os valores de herdabilidade, o coeficiente de variação genético e razão entre os coeficientes de variação genético e ambiental verificados para estas características, sugerem que a maior variação é correspondente a variação genética presente e podem ser reflexo do vigor híbrido, ocasionado devido as hibridações que deram origem a população. De acordo com Borém e Miranda (2013), o vigor híbrido pode ser manifestado em diferentes características, podendo ser citadas, a produtividade, o tamanho celular e o tamanho de frutos.

Parâmetros genéticos em populações de maracujazeiro azedo foram estimados por diferentes autores, apresentando resultados semelhantes aos verificados para a população estudada. As características de massa de fruto, massa de polpa, massa de casca, diâmetro de fruto e espessura de casca, apresentaram a maior variação genética, sendo evidenciada pelos valores elevados de herdabilidade e de coeficiente de variação genético (CHAGAS, et al., 2016; FREITAS et al., 2012; GRECO et al., 2014; NEVES et al., 2011).

Conforme evidenciado pelos parâmetros genéticos, foram obtidos ganhos com a seleção independente da estratégia aplicada, para as características que apresentaram variabilidade genética. Os índices de seleção aplicados apresentaram menores ganhos que a seleção entre e dentro e a seleção combinada, sendo observado ganhos negativos de baixa magnitude para algumas características.

A predição de ganhos negativos através de índices de seleção está relacionada a seleção simultânea de caracteres realizada pelos índices de seleção (GARCIA e SOUZA JUNIOR, 1999). Neste tipo de estratégia, a seleção de uma característica pode influenciar os ganhos de seleção em outras características, em alguns casos, ocasionando ganhos negativos.

O IMM foi superior ao índice de ISH, porém, os valores observados para os dois índices foram próximos. A inferioridade de ganhos obtidos com o ISH em comparação ao IMM foi relatada por vários autores em populações de maracujazeiro formadas por famílias de meios irmãos e de irmãos completos (FREITAS et al., 2012; GONÇALVES et al., 2007; NEVES et al., 2011).

As diferenças verificadas entre os dois índices, podem ser explicadas pelo modo como ordenam as progênies. No caso do ISH, este faz uma combinação linear, onde os coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o coeficiente genotípico (combinação linear que inclui os valores genéticos ponderados por seus valores econômicos). Por outro lado, o IMM hierarquiza os genótipos inicialmente para cada característica, por meio da atribuição de valores

absolutos para aqueles de melhor desempenho e posteriormente, os valores atribuídos a cada característica são somados obtendo-se o *rank*.

Os maiores ganhos com a seleção, foram estimados para massa de fruto, espessura de casca e massa de casca estão relacionados a alta variabilidade genética encontrada para essas características na população. Na seleção combinada e na seleção entre e dentro, essas características apresentaram ganhos com a seleção superiores a 20%. Tanto o ganho de seleção dentro de famílias obtido para seleção entre e dentro, quanto o peso individual da planta na seleção combinada, apresentaram maior influência no ganho total de seleção obtido, que o ganho pela seleção entre famílias.

Ganhos de seleção maiores dentro de família que entre famílias, são devido aos coeficientes de herdabilidade dentro de famílias maiores que entre famílias. Para as características massa de fruto e massa de casca, foram estimados coeficientes de herdabilidade dentro de famílias altos, refletindo nos ganhos de seleção dentro de famílias. Martins et al. (2005), em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus grandis*, e Petek et al. (2006), em famílias de irmãos completos de *Coffea arabica*, também encontraram para algumas características ganhos com a seleção dentro de famílias, maiores que entre famílias.

A seleção combinada proporcionou ganhos superiores aos obtidos para as outras estratégias de seleção nas progênies estudadas. Todas as características avaliadas apresentaram ganhos com a seleção combinada, porém para as características que não apresentaram variabilidade genética, os ganhos com a seleção foram próximos de 0,05%. Resultados semelhantes foram verificados por Neves et al. (2011), para seleção combinada em uma população de parentais e híbridos de maracujazeiro para as características que não apresentaram variabilidade genética. Na seleção entre e dentro, características que não indicaram variabilidade genética nas estimativas de parâmetros, não apresentaram ganhos com a seleção.

Diversos trabalhos na literatura têm demonstrado a superioridade da seleção combinada com relação a outras estratégias de seleção, tanto no melhoramento genético do maracujazeiro azedo quanto de outras espécies cultivadas (COSTA et al, 2000; FREITAS et al., 2009; GONÇALVES et al., 2007; MARTINS et al., 2005; NEVES et al., 2011). A eficiência da seleção combinada com relação aos demais métodos de melhoramento se deve ao maior número de informações que são consideradas na seleção, uma vez que pondera o desempenho individual das plantas associado ao desempenho da família proporcionando os melhores resultados (MARTINS et al., 2005).

As estimativas de parâmetros genéticos e os ganhos de seleção estimados para a população de maracujazeiro estudada, indicaram elevada variabilidade genética, passível de ser explorada no melhoramento da população. Os cruzamentos realizados, proporcionaram vigor híbrido expressivo, sendo manifestado principalmente na massa de fruto, diâmetro de frutos, espessura de casca e massa de polpa. Para todas as estratégias de seleção foram estimados ganhos com seleção, sendo verificado os maiores valores para seleção combinada. São escassos trabalhos que estimam os parâmetros genéticos e ganhos de seleção em populações de maracujazeiro, formadas a partir de cruzamentos entre linhagens endogâmicas de maracujazeiro.

5. CONCLUSÕES

As estimativas de parâmetros genéticos indicaram a presença de variabilidade genética para a maioria das características, com destaque para massa de fruto, diâmetro de fruto, massa de polpa, espessura de casca e massa de casca.

As estratégias de seleção aplicadas proporcionaram ganhos com a seleção. O índice de Mulamba e Mock para seleção simultânea de características e a seleção combinada foram eficientes em capitalizar os ganhos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENACCI, L. C. Passifloraceae. In. WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETT, A. M.; MELHEM, I. S. (Ed.) **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa, FAPESP, V.3, p. 247-248, 2003.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 6ª ed., Viçosa: UFV, 525p., 2013.
- BOURDON, R.M. **Understanding animal breeding**. New Jersey: Colorado State University, 523p., 1997.
- CHAGAS, K.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; BRUCKNER, C. H.; FALEIRO, F. G. Divergência genética em genótipos de maracujazeiro azedo, com base em características físicas e químicas dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 524-531, 2016.
- COSTA, R. B. da; RESENDE, M. D. V.; ARAUJO, A. J. de; GONÇALVES, P. de S.; BORTOLETTO, N. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p. 381-388, 2000.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1. 480p.
- CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa**. 1 ed. Viçosa: UFV, 2012, 394p.
- FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987, 2790p.
- FREITAS, J.P.X.; OLIVEIRA, E.J.; JESUS, O.N.; CRUZ NETO, A.J.; SANTOS, L.R. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p.393-401, 2012.
- FREITAS, R. G. de; VASCONCELOS, E. S. de; CRUZ, C. D.; ROSADO, A. M.; ROCHA, R. B.; TAKAMI, L. K. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e

submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Árvore**, v.33, n.2, p.255-263, 2009.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. de. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v.58, p.253-267, 1999

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**, v.42, n.2, p.193-198, 2007.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, supplement 1, p. 360-370, 2014.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, p.476-490, 1943.

IBGE-Series históricas e estatísticas: lavouras permanentes. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PA9&t=lavoura-permanente-quantidade-produzida>>. Acesso em: 19/12/2016.

LIRA JUNIOR, J. S.; BRUCKNER, C. H.; CARNEIRO, P. C. S. Method for overcoming the passion fruit self-incompatibility. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. 477, 2016 .

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; ROCHA, M. das G. de 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**, 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 Genetic and Cytology**, v.7, p. 40-51, 1978.

NEVES, L. G.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; DUARTE, L. P.; KRAUSE, W. Predição de ganhos genéticos utilizando o Delineamento I em população de maracujazeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 495-501, 2011.

NEVES, C. G.; JESUS, O. N.; LEDO, C. A. da S; OLIVEIRA, E. J. Avaliação agrônômica de parentais e Híbridos de maracujazeiro- amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 191-198, 2013.

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**, v.37, p.159-165, 2002.

PETEK, M. R.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. de B.; ITO, D. S. Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência Simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, v.65, n.1, p.65-73, 2006.

PIRES, I. E.; CRUZ, C.D.; BORGES, R.C.G.; REGAZZI, A.J. Índice de seleção combinada aplicado ao melhoramento genético de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.20, p.191-197, 1996.

SANTOS, C. E. M. dos; PISSIONI, L. L. M.; MORGADO, M. A. D. O.; CRUZ, C. D.; BRUCKNER, C. H. Estratégias de seleção em progênies de maracujazeiro amarelo quanto ao vigor e incidência de verrugose. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 444-449, 2008.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Human Genetics**, v.7, p.240-250, 1936.

SOUZA, M.; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.G; FRAGOAS, J.C. Maracujazeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.242-243.

SUASSUNA, T.M.; BRUCKNER, C.H.; CARVALHO, R.; BORÉM, A. self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 106, p. 298-302, 2003.

ZACCHEO, P. V. C.; AGUIAR, R. S. ; STENZEL, N. M. C.; SERA,T.; NEVES, C. S. V. J. Produção e características qualitativas dos frutos de híbridos de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1113-1120, 2012.

CAPITULO III

FLORESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MARACUJAZEIRO AZEDO COM BAIXA EXIGÊNCIA EM FOTOPERÍODO E TEMPERATURA

RESUMO

O maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) tem o florescimento regulado pelo fotoperíodo e temperatura, necessitando de dias longos para florescer, com fotoperíodo superior a 11 horas, associadas a temperaturas entre 21 e 25°C. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o florescimento e a frutificação de híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura e avaliar as características dos frutos em duas épocas de produção. Nove híbridos de maracujazeiro azedo oriundos do cruzamento entre dois genótipos homozigotos para a característica de baixa exigência de fotoperíodo e três genótipos normais, foram implantados em campo, no município de Araponga-MG, Brasil, em delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições e quatro plantas por parcela. O florescimento e a frutificação foram avaliados semanalmente e as características dos frutos dos híbridos avaliadas em duas épocas de produção. Paralelamente, foram estudadas quanto ao florescimento e frutificação três cultivares de maracujazeiro azedo em delineamento em blocos ao acaso com três repetições e quatro plantas por parcela. Os dados de florescimento e frutificação foram submetidos a estatística descritiva e as características de fruto à análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$). Os híbridos apresentaram florescimento durante todo o período, mesmo nos meses de maio a agosto, quando o fotoperíodo e temperatura são reduzidos. Para as cultivares, o florescimento e a frutificação foram praticamente nulos no mesmo período. Foram observadas diferenças significativas entre as épocas de produção para as características de fruto. Os frutos produzidos no período de temperaturas mais elevadas e dias longos foram superiores quanto às características de massa e dimensões de fruto. Os híbridos de maracujazeiro azedo apresentaram florescimento durante todo o período avaliado, inclusive sob condições de fotoperíodo reduzido e temperaturas reduzidas.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims, fotoperíodo, florescimento, frutificação

CHAPTER III

FLOWERING AND FRUITING OF HYBRIDS OF PASSION FRUIT WITH LOW REQUIREMENT IN PHOTOPERIOD AND TEMPERATURE

ABSTRACT

The flowering of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) is regulated by photoperiod and temperature. The species requires long days to bloom, with photoperiod over 11 hours, associated with temperatures between 21 and 25°C. The objective of the present work was to characterize the flowering and fruiting of hybrids of passion fruit with low requirement in photoperiod and temperature and to evaluate the characteristics of the fruits in two seasons of production. Nine passion fruit hybrids originated from crosses between two homozygous genotypes for the low requirement of photoperiod and three normal genotypes were implanted in the field in Araponga-MG, Brazil, in a randomized block design with five replicates and four plants per plot. Flowering and fruiting were evaluated weekly and the fruit characteristics of the hybrids evaluated in two production seasons. At the same time, three cultivars of passion fruit sourced in a randomized block design with three replications and four plants per plot were studied for flowering and fruiting. The flowering and fruiting data were submitted to descriptive statistics and the fruit characteristics to analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$). The hybrids showed flowering throughout the period, even in the months of May to August, when the photoperiod and temperature are reduced. For the cultivars, flowering and fruiting were practically null in the same period. Significant differences were observed between the production times for the fruit traits. The fruits produced in the period of higher temperatures and long days had superior mass and dimensions of fruit. Hybrid passion fruit hybrids showed flowering throughout the evaluated period, even under reduced photoperiod and reduced temperatures.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims, photoperiod, fruiting

1. INTRODUÇÃO

A produção do maracujazeiro azedo sofre influência direta de fatores climáticos, como temperatura e fotoperíodo. A espécie *Passiflora edulis* não apresenta florescimento em condições de fotoperíodo inferior a 11 h dia⁻¹ associado a temperaturas noturnas inferiores a 18°C (PIRES et al. 2011; VASCONCELOS e DUARTE FILHO, 2000; WATSON e BOWERS, 1965). Em algumas partes do Sudeste e na região Sul do Brasil, diferentes das demais regiões onde a produção do maracujá ocorre praticamente em todo ano, a produção fica limitada a alguns meses, quando existem condições favoráveis para o florescimento.

Na região da Zona da Mata Mineira, Lira Junior et al. (2014) constataram que para plantas de maracujazeiro azedo iniciam o florescimento após o período de inverno, nos meses de outubro e novembro. Durante os meses de outono e inverno os dias são mais curtos, com comprimento inferior a 11 horas de luz e as temperaturas são mais baixas, principalmente à noite, ocasionando uma redução drástica no crescimento vegetativo e a paralização do florescimento no maracujazeiro azedo.

Em termos comerciais, o período produtivo do maracujá concentra-se nos meses de dezembro a julho, época de grande oferta de produto no mercado. Nos meses de agosto a novembro os preços do maracujá elevam-se, devido à oferta reduzida da fruta provocada pela diminuição do comprimento dos dias, levando à paralização do florescimento (ALMEIDA et al., 2015).

Estudos desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento do maracujazeiro azedo da Universidade Federal de Viçosa, na região da Zona da Mata Mineira, identificaram uma planta mutante (UFV-M7) capaz de florescer quando o comprimento dos dias e as temperaturas não são favoráveis ao florescimento. Estudos posteriores revelaram que esta característica é controlada por três locos, com interação do tipo triplodominante (LIRA JUNIOR et al. 2014; LIRA JUNIOR, 2013), sendo possível a transmissão da característica para outras gerações.

A identificação de genótipos com a característica de florescer em condições até então limitantes e a possibilidade desta característica ser transmitida a gerações subsequentes apresenta-se de grande relevância ao melhoramento genético do maracujazeiro azedo. Esses materiais identificados podem ser explorados no melhoramento genético principalmente através de hibridações com outros genótipos, permitindo a seleção de híbridos com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura e superiores em características de fruto e produção.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de maracujá; a cultura teve sua expansão iniciada a partir dos anos 1970 (MELLETTI et al., 2011) e hoje a exploração comercial ocorre principalmente nas regiões nordeste e sudeste (IBGE, 2016). A obtenção de híbridos de maracujazeiro com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura representa um avanço para a cultura. Híbridos com esta característica, podem possibilitar o cultivo comercial do maracujazeiro em regiões que apresentam condições de fotoperíodo e temperatura limitantes ao florescimento e frutificação das cultivares existentes atualmente no mercado. Além disso, permitem a produção no período de entressafra, possibilitando ao produtor fornecer a fruta no período de melhores preços.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o florescimento e frutificação de híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura e avaliar as características pós colheita dos frutos em dois períodos de produção no ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Híbridos de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) resultantes do cruzamento entre genótipos com a característica de baixa exigência em fotoperíodo (2^o geração de autopolinização, obtidos através de metodologia descrita por LIRA JUNIOR et al.; 2016) e genótipos selecionadas com algum grau de resistência a fusariose, foram avaliados quanto ao florescimento, frutificação e características de frutos, no período de fevereiro de 2016 a janeiro de 2017 (Tabela 1). No mesmo local, entre abril de 2016 a janeiro de 2017, foram avaliadas quanto aos mesmos aspectos, três cultivares de maracujazeiro azedo (BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo e FB200).

Para obtenção dos híbridos avaliados, os cruzamentos foram realizados em plantas mantidas em casa de vegetação no setor de fruticultura da Universidade Federal de Viçosa no mês de dezembro de 2014. Os frutos foram colhidos totalmente maduros, cerca de 65 dias após a polinização. A produção de mudas foi realizada no mesmo local no mês de março de 2015 e o transplântio para o campo experimental ocorreu após cinco meses. As cultivares avaliadas foram semeadas no mês de julho de 2015, e o transplântio para o campo foi realizado também após cinco meses.

O espaçamento utilizado foi de 4 x 3 m, em sistema de condução de espaldeira com um fio de arame. Durante a condução dos experimentos, foram realizados os tratamentos culturais recomendados à cultura, como condução da planta, poda, adubação, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças. A adubação foi realizada conforme recomendações de Souza et al. (1999).

Tabela 1- Identificação (Id) e ascendência das progênes de maracujazeiro azedo avaliados. Araponga-MG, 2016.

Id	Ascendência	
	Genitor feminino (♀)	Genitor masculino (♂)
H42	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)	Genótipo mutante resistente ao mix de 13 isolados de <i>F. oxysporum</i> f sp. <i>Passiflorae</i> (UFV54)
H43	Genótipo mutante resistente ao mix de 13 isolados de <i>F. oxysporum</i> f sp. <i>Passiflorae</i> (UFV54)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)
H44	BRS Sol do Cerrado resistente ao Mix de 13 isolados de <i>F. solani</i> (Sol35)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)
H45	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)
H46	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.1)
H47	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)
H48	BRS Sol do Cerrado resistente ao isolado 19 de <i>F. solani</i> (Sol23)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)
H49	BRS Sol do Cerrado resistente ao Mix de 13 isolados de <i>F. solani</i> (Sol35)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)
H50	Genótipo mutante resistente ao mix de 13 isolados de <i>F. oxysporum</i> f sp. <i>Passiflorae</i> (UFV54)	Genótipo mutante com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura (UFV-M7.2)

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda experimental de Araponga pertencente à Universidade Federal de Viçosa, no município de Araponga-MG (20° 40' de latitude sul e 42° 31' de longitude oeste, altitude 885 m em relação ao nível do mar). Segundo Antunes (1986), baseado no modelo proposto por Koppen, o clima da região é classificado como Cwb, caracterizado como subtropical/tropical de altitude, com inverno seco e verão quente, temperaturas variando durante o ano, entre 3° e 28° C. As médias anuais de precipitação variam entre 1300 e 1500 mm.

Os híbridos de maracujazeiro azedo foram implantados em delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados com nove tratamentos, cinco repetições e quatro plantas por parcela. No mesmo local, para avaliação das cultivares utilizou-se o mesmo delineamento, porém, com três blocos e quatro plantas por parcelas.

As avaliações de florescimento e frutificação foram realizadas entre fevereiro de 2016 a janeiro de 2017 para os híbridos com baixa exigência em fotoperíodo e entre abril de 2016 a janeiro de 2017 para as cultivares BRS Sol do cerrado, BRS Gigante amarelo

e FB200. Para caracterização do florescimento e frutificação foram realizadas contagens em intervalos de sete dias de todas as flores presentes na planta, considerando os botões totalmente desenvolvidos e completamente fechados, botões em pré-antese, flores abertas e flores senescentes (Figura 1) e todos os frutos com diâmetro inferior a 30 mm (Figura 2). A determinação destes critérios para contagem de flores e frutos teve como objetivo abranger o máximo de flores e frutos no intervalo de avaliação e evitar que os mesmos fossem contados mais de uma vez.



Figura 1- Flores de híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo nos estádios de botões totalmente desenvolvidos e completamente fechados (A); botões em pré-antese (B); flor aberta (C) e flor senescente (D). Araponga-MG, 2017. Fotos: CORDEIRO, M. H. M.



Figura 2- Frutos de híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo com até 30 mm de diâmetro. Araponga-MG, 2016. Fotos: CORDEIRO, M. H. M.

No período de caracterização do florescimento e frutificação foram considerados os dados do nascer e pôr do sol, por meio do aplicativo ACCUWEATHER, que fornece informações meteorológicas em tempo real. Dados de temperatura média diária foram obtidos na estação climatológica da Universidade Federal de Viçosa/UFV, localizada na cidade de Viçosa-MG (20° 45' Sul, 42° 55' Oeste), a 50 Km de distância do local do experimento. Por meio destes dados foram obtidas a duração média dos dias e a temperatura média em cada mês.

Para a caracterização dos frutos em duas épocas de produção no ano, cinco frutos de cada planta desenvolvidos nos períodos de março a maio de 2016 (1ª época) e setembro a novembro de 2016 (2ª época) foram avaliados quanto: massa do fruto (g); massa de casca e polpa (g); comprimento e diâmetro (mm); espessura da casca (mm); rendimento de polpa (%); e teor de sólidos solúveis totais (°Brix).

As informações de florescimento e frutificação tanto para os híbridos quanto para as cultivares foram analisadas por meio de estatística descritiva através de medidas de tendência central e de variabilidade (Programa SigmaPlot, 11.0). O florescimento e frutificação de cada híbrido e cultivar durante o período de avaliação foram explorados por meio de histogramas de barras verticais representando a média e o desvio padrão.

Para comparação dos híbridos quanto ao florescimento e frutificação optou-se por dividir o período de avaliação em três épocas (fevereiro a abril/2016, maio a agosto/2016 e setembro de 2016 a janeiro de 2017), conforme a intensidade de floração, obtendo-se o valor médio mensal de floração em cada época. Em cada período foram obtidos gráficos *boxplot* que permitiram comparar grupos, além de identificar em cada grupo comparado, onde se concentram os 50% dos valores mais prováveis, a mediana e os valores atípicos, oriundos de erro experimental. Os cultivares BRS Sol do cerrado, BRS Gigante amarelo e FB200 foram comparados apenas na segunda e terceira época, respectivamente, de maio a agosto/2016 e setembro de 2016 a janeiro de 2017.

Os dados de caracterização de frutos nas duas épocas de produção foram submetidos a análise de variância em esquema fatorial simples (duas épocas e nove híbridos) e comparação entre médias através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do Programa Genes (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS

Os híbridos avaliados apresentaram durante o período avaliado, uma sincronização em relação às variações de fotoperíodo e temperatura (Figura 3) para o florescimento e a frutificação. Nos períodos de fevereiro a maio de 2016 e setembro de 2016 a janeiro de 2017 a duração dos dias variou entre 11,5 e 13,25 horas e as temperaturas entre 20 e 24°C. Sob estas condições, foram observados os maiores números de flores e frutos. Em contrapartida, nos meses de maio a agosto de 2016 foram observados menores valores em relação ao número de flores e frutos. Neste período foram observados os menores fotoperíodos (10,95 a 11,40 horas) e as menores temperaturas (16,86 a 19,37°C).

Associada à avaliação de número flores contadas a partir do botão no estágio totalmente desenvolvido, avaliou-se a presença ou ausência de botão floral independente de estágio de desenvolvimento no período de fotoperíodo e temperaturas reduzidos, sendo constatado que em 100% das plantas durante o período de maio a agosto de 2016 houve emissão de botões florais.

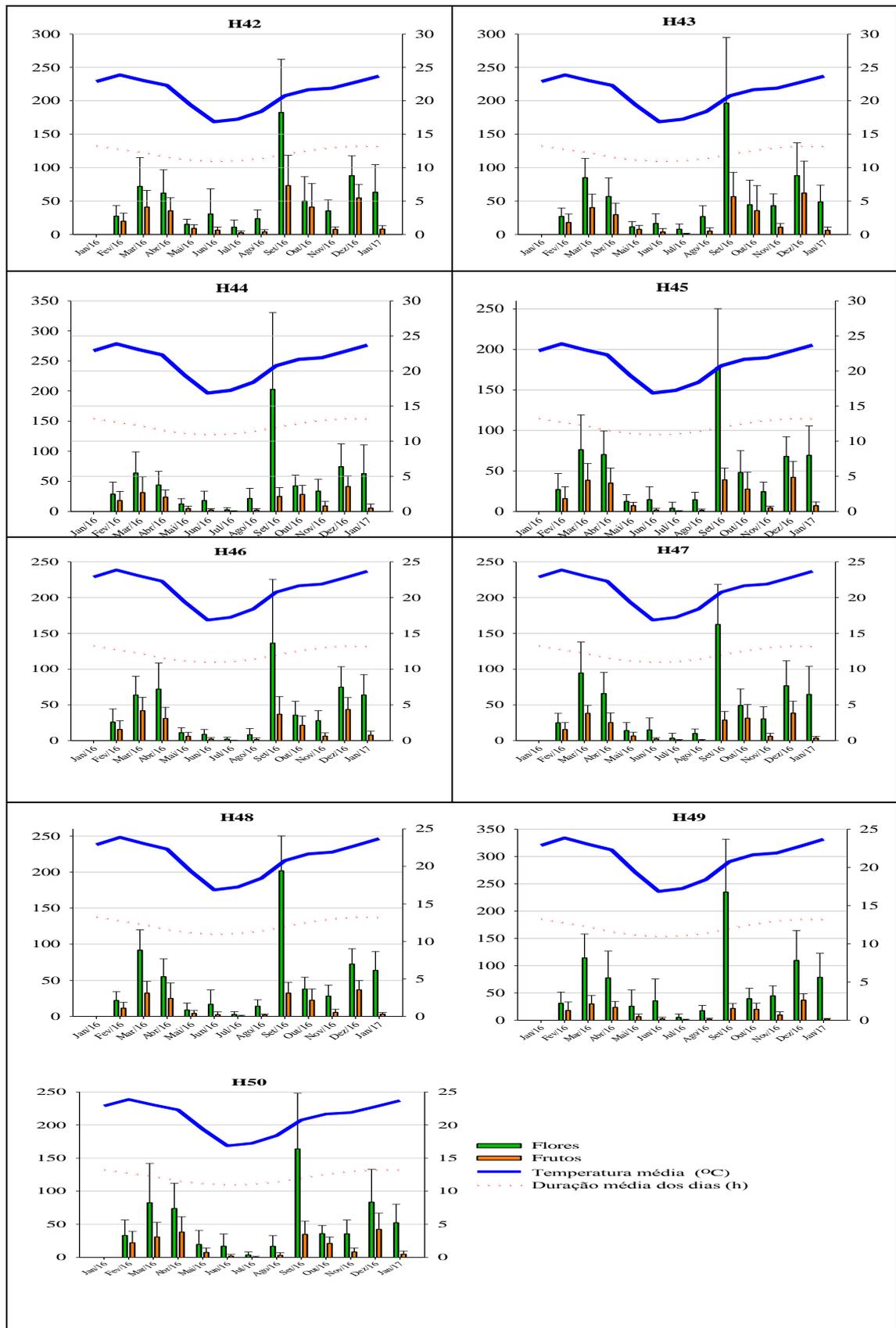


Figura 3- Número mensal de flores e frutos de híbridos (H42, H43, H44, H45, H46, H47, H48, H49 e H50) de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo, no período de fevereiro de 2016 a janeiro de 2017 em função da temperatura média mensal (°C) e da duração dos dias (h). Barras indicam o desvio padrão. Arapongá, 2017.

A maior média de números de flores foi verificada no mês de setembro de 2016 (Figura 3). Todos os híbridos apresentaram no mês de setembro de 2016, número de flores mensal três vezes maior que a média mensal observada em todo período avaliado. O intenso florescimento ocorrido neste mês, culminou com o momento em que as temperaturas e o fotoperíodo apresentavam comportamento ascendente, com médias respectivas no mês de agosto de 18°C e 11,40 horas e no mês de setembro de 20,75°C e 12,03 horas.

Os comportamentos das cultivares BRS Sol do cerrado, BRS Gigante amarelo e FB200 no período de abril de 2016 a janeiro de 2017 são apresentados na Figura 4. Para estas cultivares também foram verificados os maiores números de flores e frutos, nos períodos de temperaturas médias mais elevadas e de dias mais longos. Porém, diferente dos híbridos com baixa exigência de fotoperíodo, nos meses de junho e julho de 2016 não foram observados flores ou frutos. Nos meses de maio e junho de 2016 o número médio de flores e frutos foi inferior a três.

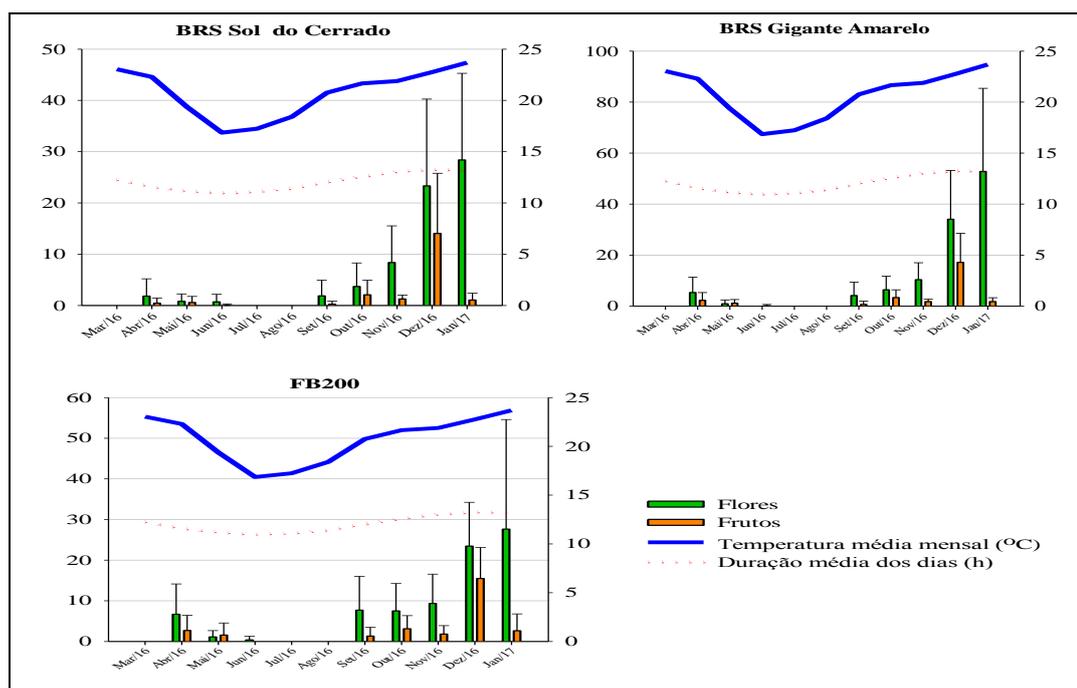


Figura 4- Número de flores e frutos mensal das cultivares de maracujazeiro azedo BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo e FB200, no período de abril de 2016 a janeiro de 2017 em função da temperatura média mensal (°C) e da duração dos dias (h). Barras indicam o desvio padrão. Araponga, 2017.

No período de fevereiro a abril de 2016 a menor média mensal de flores (45,40) ocorreu no híbrido H42, no entanto, com relação ao número de frutos este híbrido foi superior aos demais com uma média de 32 frutos ao mês. O híbrido H49 apresentou a maior média mensal de flores, 74,02. Para a média mensal de número de frutos neste

período, o híbrido H49 juntamente com os híbridos H48 e H44 apresentaram as menores médias de frutificação mensal, próximas a 23 frutos ao mês (Figura 5).

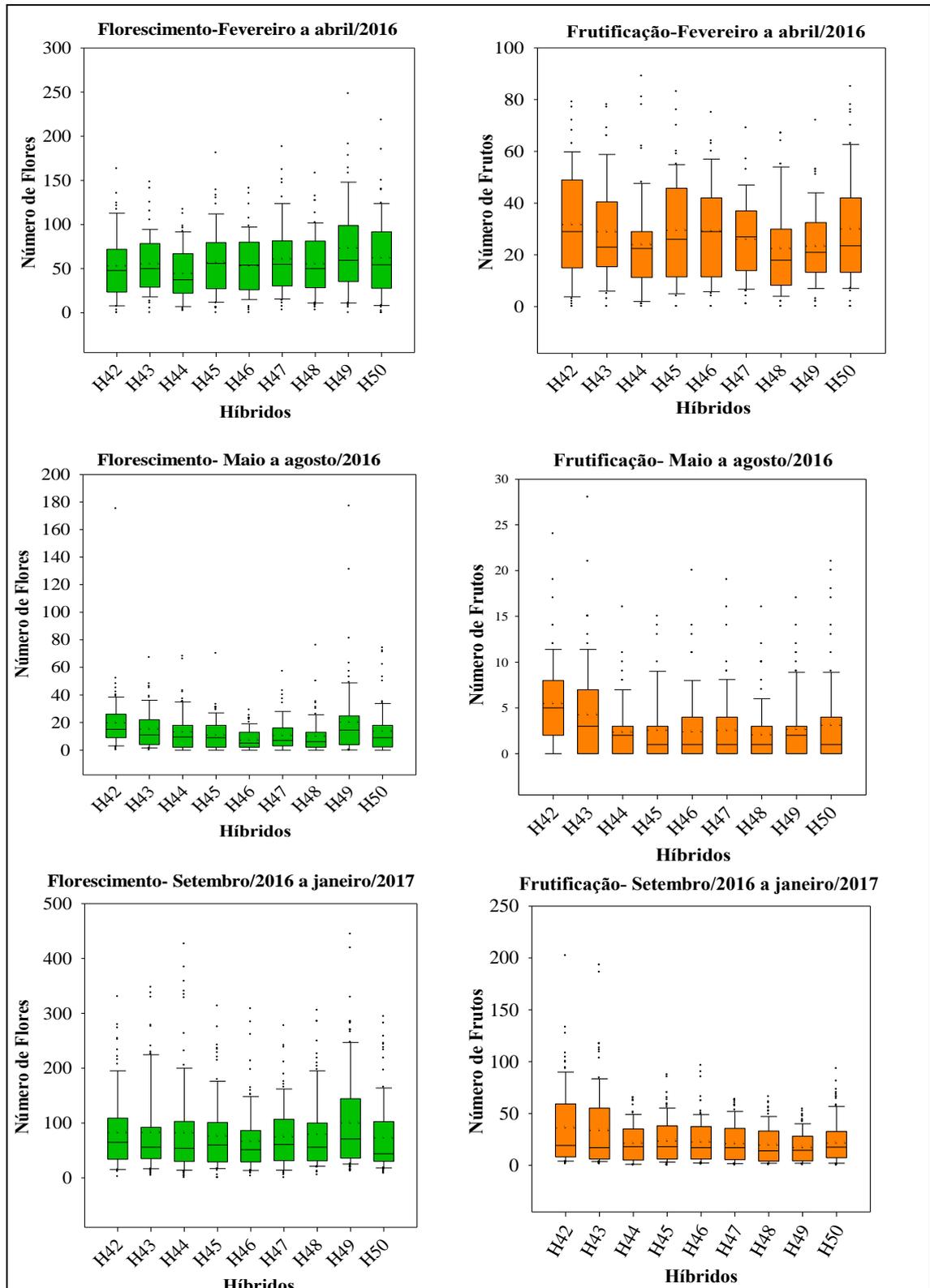


Figura 5- Médias mensais de número de flores e frutos de híbridos (H42, H43, H44, H45, H46, H47, H48, H49 e H50) de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo nos períodos de fevereiro a abril de 2016, maio a agosto de 2016 e setembro de 2016 a janeiro de 2017. Araponga, 2017.

No período de setembro de 2016 a janeiro de 2017, o híbrido H49 novamente destacou-se apresentando a maior média mensal de flores: 101,26. Porém a média mensal de frutos apresentada por este híbrido foi a menor, 17,84. Os demais híbridos apresentaram média mensal de flores semelhantes entre si, variando entre 67,69 para o híbrido H46 e 83,75 para o híbrido H42. Os híbridos H42 e H43 demonstraram as maiores variabilidades de dados no período. As médias mensais de frutos destes híbridos foram superiores aos demais. Os valores observados para os híbridos H42 e H43 foram respectivamente, 36,78 e 34,21. Os demais híbridos apresentaram médias de frutos ao mês entre 20,12 e 24,05 (Figura 5).

Nos meses de maio a agosto de 2016 foram verificadas as menores médias mensais de flores e frutos. Neste período o número mensal de flores variou entre 7,43 (H46) e 20,71 (H49), enquanto que para número de frutos os valores foram entre 2,12 (H48) e 5,54 (H42). O híbrido H49 apresentou a maior média mensal de número de flores, no entanto, para média mensal de número de frutos, os valores observados para os híbridos H42 e H43 foram superiores ao observado para o híbrido H49 (Figura 5).

No período de maio a agosto de 2016 para as três cultivares, as médias observadas de flores e frutos foram entre zero e um. Para o período de setembro de 2016 a janeiro de 2017 as médias mensais de flores verificadas para as cultivares BRS Sol do cerrado, BRS Gigante amarelo e FB200 foram respectivamente, 13,12; 21,53 e 15,12. Observa-se que a maior variação dos dados foi verificada para a cultivar BRS Gigante Amarelo e a menor para FB200. As médias mensais de números de frutos foram respectivamente 3,74; 4,91 e 4,87 para BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo e FB200 (Figura 6).

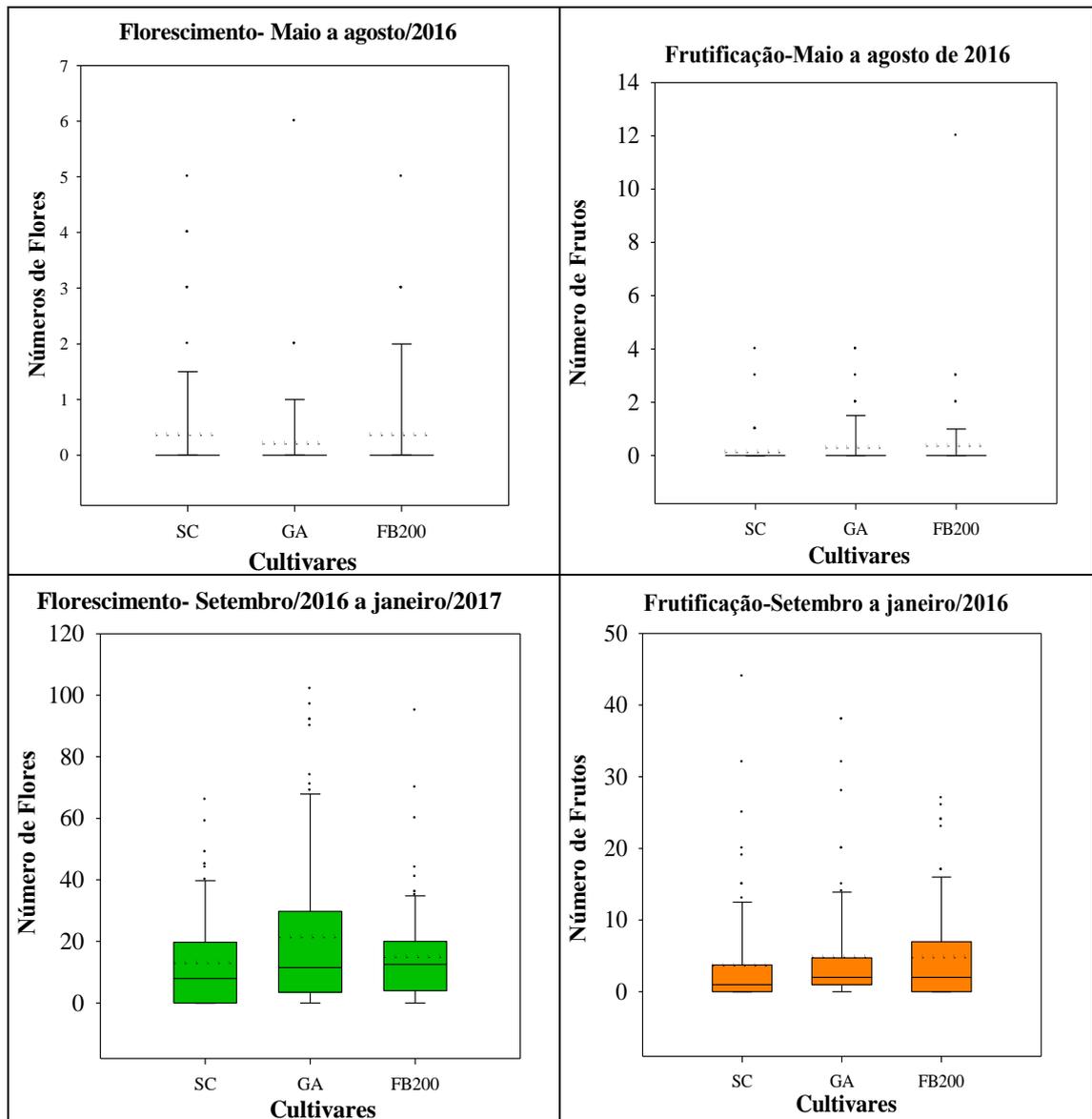


Figura 6- Médias mensais de número de flores e frutos de cultivares de maracujazeiro azedo nos períodos de maio a agosto de 2016 e setembro de 2016 a janeiro de 2017. Araponga, 2017.

Os frutos dos híbridos produzidos no período de março a maio de 2016 (1ª época) e setembro a novembro de 2016 (2ª época) foram comparados quanto as características pós-colheitas. Os frutos avaliados na 1ª época foram submetidos na maior parte do seu desenvolvimento a temperaturas médias entre 22 e 24°C, enquanto que na segunda época, o desenvolvimento dos frutos ocorreu sob temperaturas médias entre 20 e 22°C.

Para massa de fruto, o híbrido H45 destacou-se dos demais com os maiores valores de massa de fruto nas duas épocas avaliadas, apresentando respectivamente médias de 205,71 e 106,29 g para a primeira e segunda época. Os híbridos H49, H48, H47 não diferiram do híbrido H45, apresentando na primeira época valores de massa de fruto entre 194,95 e 205,71 g. O híbrido H43 apresentou os menores valores de massa de fruto, 134,47 g na primeira época e 82,43 g na segunda época (Tabela 2).

Para massa de polpa, o híbrido H45 também apresentou as maiores médias, com valor de 107,32 g na primeira época e 50,45 g na segunda época. Para massa de polpa, não foram verificadas diferenças entre os híbridos na segunda época, no entanto, os híbridos H49 e H42 apresentaram os menores valores de massa de polpa, respectivamente, 37,53 e 39,92 g. O menor valor observado na primeira época ocorreu no híbrido H43 e foi de 68,13 g.

Para massa de casca, os valores médios na primeira época variaram entre 66,04 g observado para o híbrido H43 e 107,86 g para o híbrido H49. Os híbridos H45, H48 e H47 não diferiram significativamente do híbrido H49. Na segunda época, o maior valor de massa de casca também foi observado para o híbrido H49 (71,44 g). Os híbridos H42 e H43 nas duas épocas apresentaram as menores médias de massa de casca (Tabela 2).

Para rendimento de polpa, todos os híbridos avaliados diferiram entre as épocas avaliadas, com exceção do híbrido H43. Na primeira época, não foram constatadas diferenças significativas entre os híbridos, os valores variaram entre 44,98 % (H49) e 52,72 % (H46). Na segunda época, o maior valor de rendimento de polpa foi verificado no híbrido H43 (49,69 %), enquanto o menor valor ocorreu no híbrido H49 (32,55%).

Tabela 2- Médias referentes a massa de fruto, massa de polpa, massa de casca e rendimento de polpa de híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência ao fotoperíodo, produzidos nos meses de março a maio de 2016 (1ª época) e setembro a novembro de 2016 (2ª época). Araponga-MG, 2016.

Híbridos	Características de Frutos															
	Massa do Fruto (g)				Massa da Polpa (g)				Massa da Casca (g)				Rendimento de Polpa (%)			
	1ª época		2ª época		1ª época		2ª época		1ª época		2ª época		1ª época		2ª época	
H42	153,65	Abc	84,91	Bab	81,00	Abc	39,92	Ba	73,23	Acd	44,99	Bb	52,65	Aa	46,28	Bab
H43	134,47	Ac	82,43	Bb	68,13	Ac	42,60	Ba	66,04	Ad	42,87	Bb	50,58	Aa	49,69	Aa
H44	185,93	Aab	115,63	Ba	98,01	Aab	49,18	Ba	88,51	Abc	65,21	Ba	52,70	Aa	42,84	Babc
H45	205,71	Aa	106,29	Bab	107,32	Aa	50,45	Ba	98,39	Aab	55,83	Bab	52,22	Aa	46,58	Bab
H46	179,02	Aab	108,02	Bab	94,68	Aab	48,83	Ba	84,34	Abcd	58,83	Bab	52,72	Aa	43,92	Babc
H47	195,06	Aa	105,73	Bab	96,06	Aab	36,98	Ba	98,70	Aab	68,75	Ba	49,34	Aa	34,84	Bd
H48	194,95	Aa	108,97	Bab	95,06	Aab	41,17	Ba	99,88	Aab	68,53	Ba	48,81	Aa	37,85	Bcd
H49	197,78	Aa	113,18	Bab	89,92	Aab	37,53	Ba	107,86	Aa	71,44	Ba	44,98	Aa	32,55	Bd
H50	160,69	Abc	108,44	Bab	79,19	Abc	43,03	Ba	81,50	Abcd	63,93	Ba	49,01	Aa	39,97	Bbcd
Média	178,58		103,73		89,93		43,3		88,72		60,04		50,33		41,61	
CV(%)	9,72		13,59		10,3		19,63		11,28		14,1		4,43		11,1	
DMS	20,25 ¹		32,50 ²		11,94 ¹		19,17 ²		11,51 ¹		18,47 ²		4,86 ¹		7,81 ²	

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas (efeito das épocas) nas linhas e minúsculas (efeito dos híbridos) nas colunas, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; DMS¹: diferença mínima significativa para colunas (efeito das épocas); DMS²: diferença mínima significativa para linhas (efeito dos híbridos).

As características de comprimento e diâmetro de fruto e espessura de casca diferiram com relação à época de colheita para todos os híbridos avaliados. Para os sólidos solúveis totais apenas os híbridos H43 e H45 diferiram significativamente com relação à época (Tabela 3).

Os híbridos H49 e H45 apresentaram na primeira época os maiores valores de comprimento de fruto, respectivamente 94,45 e 92,72 mm, no entanto, estes híbridos apresentaram diferenças significativas apenas do híbrido H43, que apresentou a menor média na época, 85,54 mm. Na segunda época, os valores de comprimento de fruto variaram entre 73,92mm para H43 e 81,04 mm para H49, sendo que apenas estes dois híbridos diferiram entre si. Para o diâmetro de fruto, os valores médios variaram entre 70,29 mm e 78,00 mm na primeira época respectivamente para H43 e H49. Os híbridos H49, H47 e H45 apresentaram os maiores valores não diferindo entre si, enquanto os híbridos H42 e H43 destacaram-se com os menores valores (Tabela 3).

Na segunda época, o híbrido H47 apresentou o maior valor de diâmetro de fruto, 71,92 mm e o híbrido H43 o menor valor, 60,53 mm. Para espessura de casca na primeira época, os menores valores foram verificados para os híbridos H42, H43, H46 e H50 que apresentaram valores entre 4,22 e 4,78 mm, os demais híbridos apresentaram valores variando entre 5,06 e 5,98 mm. Na segunda época, as médias de espessura de casca foram entre 2,71 para o híbrido H43 e 5,04 mm para o H49 (Tabela 3).

Para os teores de sólidos solúveis totais, não houve diferenças significativas entre os híbridos nas duas épocas de colheita. Os valores de sólidos solúveis totais na primeira época variaram entre 13,21 e 15, 85° Brix, respectivamente para os híbridos H48 e H46. Para a segunda época o menor valor foi 14,66° Brix verificado para o híbrido H48 e o maior valor 16,34 ° Brix observado para o híbrido H43 (Tabela 3).

Tabela 2- Médias referentes a comprimento de fruto, diâmetro de fruto, espessura de casca e teor de sólidos solúveis totais de híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência ao fotoperíodo produzidos nos meses de março a maio de 2016 (1ª época) e setembro a novembro de 2016 (2ª época). Araponga-MG, 2017.

Híbridos	Características de Frutos															
	Comprimento do Fruto (mm)				Diâmetro do Fruto (mm)				Espessura da Casca (mm)				Sólidos Solúveis Totais (° Brix)			
	1ª época		2ª época		1ª época		2ª época		1ª época		2ª época		1ª época		2ª época	
H42	88,05	Aab	75,35	Bab	71,92	Abc	60,97	Bbc	4,22	Ade	3,04	Bcd	14,05	Aa	15,44	Aa
H43	85,54	Ab	73,92	Bb	70,29	Ac	60,53	Bc	4,02	Ae	2,71	Bd	13,82	Ba	16,34	Aa
H44	90,27	Aab	79,90	Bab	76,00	Aab	67,68	Ba	5,06	Abcd	3,89	Bbc	13,93	Aa	15,20	Aa
H45	92,72	Aa	76,58	Bab	77,86	Aa	65,32	Babc	5,23	Aabc	3,94	Bb	13,76	Ba	16,12	Aa
H46	89,19	Aab	77,00	Bab	74,25	Aabc	66,08	Ba	4,81	Acde	3,71	Bbc	15,85	Aa	14,83	Aa
H47	92,40	Aab	77,37	Bab	77,76	Aa	67,36	Ba	5,24	Aabc	4,39	Bab	13,94	Aa	14,93	Aa
H48	92,06	Aab	79,20	Bab	76,58	Aab	66,67	Ba	5,98	Aa	4,33	Bab	13,21	Aa	14,66	Aa
H49	94,45	Aa	81,04	Ba	78,00	Aa	66,51	Ba	5,82	Aab	5,04	Ba	14,01	Aa	15,72	Aa
H50	88,26	Aab	78,52	Bab	74,65	Aabc	65,91	Bab	4,78	Acde	3,97	Bb	13,51	Aa	14,67	Aa
Média	90,32		77,65		75,26		65,23		5,02		3,89		14,01		15,32	
CV(%)	3,89		4,4		3,6		3,41		8,66		11,32		11,45		9,73	
DMS	4,33 ¹		7,03 ²		3,12 ¹		5,01 ²		0,55 ¹		0,88 ²		1,99 ¹		3,20 ²	

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas (efeito das épocas) nas linhas e minúsculas (efeito dos híbridos) nas colunas, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade; CV (%): coeficiente de variação em porcentagem; DMS¹: diferença mínima significativa para colunas (efeito das épocas); DMS²: diferença mínima significativa para linhas (efeito dos híbridos).

4. DISCUSSÃO

Durante o processo evolutivo, as plantas desenvolveram diferentes estratégias a fim de garantir a manutenção das espécies. Dentre os diferentes mecanismos reprodutivos desenvolvidos, está a utilização por algumas plantas das variações de temperatura e fotoperíodo que ocorrem ao longo do ano para regular o florescimento (SIMPSONS e DEAN, 2002).

O maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma das espécies que utiliza as variações de fotoperíodo e temperatura para controlar o florescimento. A espécie é dependente de fotoperíodos superiores a 11 horas de luz e temperaturas entre 21 e 25 °C para florescer (COSTA et al., 2008; WATSON e BOWERS, 1965).

Os híbridos avaliados demonstraram-se capazes de florescer sob temperaturas e fotoperíodos inferiores ao que é requerido de acordo com a literatura. Segundo Nave et al. (2010), é possível que em uma autofecundação de um híbrido F1 de maracujazeiro azedo sejam obtidos na geração F2 genótipos com diferentes exigências em fotoperíodo, resultado das distintas combinações alélicas. Os ancestrais de UFV-M7.1 e UFV-M7.2, genitores dos híbridos avaliados, foram estudados por Lira Junior (2014), que constatou que a característica de baixa exigência em fotoperíodo e temperatura é herdável, controlada por três genes e do tipo triplodominante.

Durante os meses de maio a agosto de 2016, as temperaturas variaram entre 16,86 e 19,37°C e a duração dos dias variaram entre 10,95 e 11,40 horas. Essas condições influenciaram no número de flores e frutos, que foram relativamente inferiores aos observados nos outros períodos, quando predominaram temperaturas superiores a 20 °C e fotoperíodos a partir de 11,50 horas. Apesar do menor número de flores observado, a emissão de botões florais não foi inibida pelas condições ambientais. Entretanto, foi possível observar que os botões florais emitidos demoraram mais tempo para se desenvolver. Esses resultados são similares aos publicados por Lira et al. (2014) que observaram emissão de botões florais no mês de julho para o mutante UFV-M7 insensível ao fotoperíodo.

Nave et al. (2010) observaram que o desenvolvimento de primórdios florais sob dias curtos (9 horas de luz e temperatura de 22°C dia e 16°C noite) até a formação de sépalas no meristema ocorre independente de fotoperíodo ou temperatura. No entanto, segundo os autores, para que o primórdio floral complete seu desenvolvimento, o fotoperíodo e temperatura exigidos são necessários. Das et al. (2013) relataram que o florescimento máximo em *Passiflora edulis* ocorre em meses com radiações solares entre

11 e 13 horas, temperaturas e umidade relativas altas, provavelmente sendo influenciado pela maior atividade fotossintética e respiratória ocorrendo na planta nestas condições.

O desenvolvimento mais lento dos botões florais e a redução do número de flores e frutos verificado nos meses de fotoperíodos e temperaturas reduzidas, resultaram na maior média de número de flores no mês de setembro de 2016. Nave et al. (2010) propõem que a paralização do desenvolvimento dos primórdios florais sob dias curtos e temperaturas baixas pode ser um mecanismo econômico da planta. À medida que o fotoperíodo e as temperaturas se elevam, a planta responde mais rapidamente, completando o desenvolvimento dos botões florais. No caso dos híbridos, houve emissão de botões florais, porém seu desenvolvimento foi afetado pelas condições ambientais.

O intenso florescimento, verificado no mês de setembro de 2016, proporcionou uma colheita no mês de novembro de 2016 para os híbridos avaliados. No caso das cultivares o florescimento foi paralisado nos meses de julho e agosto de 2016, e iniciou-se em setembro de 2016, porém em número reduzido, sendo constatado um florescimento expressivo a partir de dezembro de 2016. LIRA et al. (2014) verificaram que plantas normais de maracujazeiro azedo iniciam seu florescimento na região após o inverno, nos meses de outubro e novembro. O florescimento do maracujazeiro azedo após o inverno, faz com que o período de safra ocorra a partir do mês de dezembro (ALMEIDA et al., 2015). O florescimento dos híbridos no mês de setembro proporcionou um adiantamento da colheita do maracujazeiro em aproximadamente um mês.

As cultivares Sol do cerrado, Gigante amarelo e FB200, não apresentaram florescimento sob dias curtos e temperaturas baixas. O florescimento do maracujazeiro abrange os períodos de temperaturas mais elevadas, sendo observadas variações no período de florescimento de acordo com a área onde se encontra o cultivo (BENEVIDES et al., 2009; DAS et al., 2013). Em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, para cultivares de maracujazeiro azedo, Souza et al. (2012) observaram o desenvolvimento de gemas florais a partir de outubro de 2009 até março de 2010, neste período a maior temperatura média observada foi de 32°C.

No mês abril de 2016, nas cultivares, embora o número de flores e frutos ter sido superior ao período de maio a agosto, verificou-se que os valores foram significativamente inferiores aos observados entre setembro de 2016 a janeiro de 2017. Esse resultado pode ser explicado pela idade das plantas, os híbridos começaram a ser avaliados com 11 meses de idade, tendo a emissão de botões florais iniciado três meses antes, enquanto as cultivares tinham apenas nove meses e foram avaliadas logo que iniciaram o florescimento.

Shirikant e Shimid (2011) descrevem que a transição do estágio vegetativo para o reprodutivo nas plantas envolve fatores genéticos e ambientais que resultam na floração. Os principais fatores exógenos são o fotoperíodo, que regula a floração em resposta ao comprimento do dia e a vernalização, que acelera a floração após um longo período de exposição ao frio. Os fatores endógenos referem-se à necessidade de ácido giberélico, à idade da planta e à assimilação de açúcares para expressão de genes relacionados ao florescimento.

A avaliação dos frutos em duas épocas demonstrou influência das condições ambientais no desenvolvimento dos frutos. Segundo Whitelam e Halliday (2007), o crescimento e desenvolvimento das plantas está intimamente ligado às condições ambientais. A luz e a temperatura, aos quais as plantas são submetidas, participam de eventos metabólicos essenciais que garantem sua sobrevivência. Frutos são órgãos de reserva presentes nas plantas que funcionam como fortes drenos de fotoassimilados, suas atividades relacionam-se à presença de enzimas de clivagem da sacarose (sacarose sintase e a invertase ácida), que catalisam a primeira etapa de utilização do açúcar. Sob baixas temperaturas, ocorre inibição das atividades que necessitam de energia metabólica refletindo na redução do transporte de fotoassimilados em direção ao dreno (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A temperatura média observada na segunda época, cerca de 2°C abaixo da verificada na primeira época, proporcionou para todos os híbridos, frutos com valores massa de casca e polpa cerca de 30% menores que as verificadas para a primeira época. Estes resultados são semelhantes aos relatados por Nascimento et al. (1999) nas condições do Sul de Minas-Brasil, onde foi observada redução na massa, comprimento e diâmetro dos frutos no período de temperaturas mais baixas.

Silva et al. (2016), comparando a qualidade de frutos de maracujazeiro azedo nos diferentes meses do ano na região do Vale do São Francisco-Brasil, não observaram diferenças significativas para as características de massa de fruto, comprimento, diâmetro e rendimento de polpa entre os meses de novembro de 2013 (período de entressafra) e maio de 2014 (período de safra). Estes resultados são discordantes aos verificados neste estudo, no entanto, é preciso considerar as características climáticas das regiões. A Região do Vale do São Francisco apresenta temperaturas superiores às registradas na região de Araponga-Brasil, além disso durante o ano a pouca variação nas temperaturas e fotoperíodos, devido à proximidade da região a linha do equador, tendo pouca ou nenhuma interferência na produção do maracujá azedo.

O rendimento de polpa superior a 30% em frutos de maracujazeiro azedo é considerado satisfatório para indicação de materiais superiores (FREITAS et al., 2011). Os híbridos avaliados apresentaram para primeira época valores entre 44,98 e 52,72%, resultados superiores aos verificados por estes autores, enquanto para a segunda época os valores foram próximos, entre 32,55 e 49,69%.

Para as variáveis espessura de casca, massa de casca, Greco et al. (2014) encontraram para a cultivar BRS Gigante Amarelo nas condições de Brasília-Brasil, valores superiores aos verificados para todos os híbridos avaliados nas duas épocas, respectivamente de 8,79 mm e 119,80 g. No melhoramento genético do maracujazeiro azedo, preconiza-se a seleção de materiais com menor proporção de casca e maior rendimento de polpa, através da seleção no sentido de acréscimo para massa fruto, massa de polpa e rendimento de polpa e decréscimo para as características espessura de casca e massa de casca (FREITAS, et al., 2012; SILVA e VIANA, 2012).

Com relação aos teores de sólidos solúveis totais, na agroindústria são aceitos frutos com teores entre 13 e 14°Brix (MELETTI, et al., 2000). Os valores observados para os híbridos avaliados atendem a este critério variando entre 13,51 e 15,85°Brix para a primeira época e 14,66 e 16,34°Brix para a segunda época.

O teor de sólidos solúveis totais maior observado na segunda época em comparação a primeira, pode ser resultado da temperatura ambiental mais baixa durante o desenvolvimento dos frutos, que pode ter proporcionado um menor tamanho de fruto, concentrando os sólidos solúveis totais. Estes resultados discordam do encontrado para a cultivar BRS Gigante Amarelo por Greco et al. (2014), que observaram teores de sólidos solúveis totais de 11,80 °Brix. Zaccheo et al. (2012) observaram nas condições do Norte do Paraná-Brasil, valores de sólidos solúveis totais em 36 híbridos de maracujazeiro azedo entre 10,80 e 15,20 °Brix.

Os híbridos de maracujazeiro azedo avaliados, apresentaram florescimento durante todos os meses avaliados, mesmo no período de fotoperíodo e temperaturas reduzidos. Os frutos desenvolvidos no período de temperaturas e fotoperíodo reduzidos apresentaram redução no tamanho e peso. Estes resultados demonstram que os genótipos avaliados tem potencial para serem utilizados como cultivares, no entanto, são precisos mais estudos no melhoramento genético e manejo cultural destas plantas com baixa exigência em fotoperíodo e temperatura.

5. CONCLUSÕES

Os híbridos de maracujazeiro azedo com baixa exigência em fotoperíodo apresentaram florescimento durante todo o período avaliado, inclusive no período de fotoperíodo e temperatura reduzidos, possibilitando adiantar a safra para as condições locais em até um mês.

As características de fruto, com exceção de espessura de casca e sólidos solúveis totais foram influenciadas pela época de desenvolvimento. Os híbridos H45 e H49 destacaram-se positivamente para a maior parte das características de fruto avaliadas nas duas épocas.

As cultivares BRS Sol do cerrado, BRS Gigante amarelo e FB200 não floresceram nos meses de dias curtos e temperaturas baixas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCUWEATHER. **Dados meteorológicos:** Araponga-MG, Brasil. ACCUWEATHER. Ano: 2016. Disponível em: <http://www.accuweather.com/pt/br/brazil-weather>. Acesso em: 19 de dezembro de 2016.

ALMEIDA, G. Q.; SILVA, J. de O.; CABRAL, L. T. S.; MATOS, G. R.; MENEGUCI, J. L. P. Influência da iluminação artificial no florescimento dos parentais de híbridos de maracujá (*Passiflora edulis*). **Multi-Science Journal**, v.1, n. 2, p.117-123, 2015.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.

BENEVIDES, C. R.; GAGLIANONE, M. C.; HOFFMANN, M. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo. **Revista brasileira de entomologia**, v.53, n.3, p. 415–421, 2009.

COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N.; VENTURA, J.A.; FANTON, C.J.; LIMA, I. M.; CAETANO, L.C.S.; SANTANA, E.N. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. Vitória: Incaper, 2008. 56 p. (Documentos, 162).

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DAS, M.R.; HOSSAIN, T.; BASET MIA, M.A.; AHMED, J.U.; SIRAJUL KARIM, A.J.M.; HOSSAIN, M.M. Blooming pattern of Passion fruit flower (*Passiflora edulis* sims.) Under diversified flashes. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 8, n.3, p. 173-181, 2013.

FREITAS, J. P. X.; DE OLIVEIRA, E. J.; CRUZ NETO, A. J. da; SANTOS, L. R. do. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro-amarelo **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1013-1020, 2011.

FREITAS, J.P.X.; OLIVEIRA, E.J.; JESUS, O.N.; CRUZ NETO, A.J.; SANTOS, L.R. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.393-401, 2012.

GRECO, S. M. L.; PEIXOTO, J. R.; FERREIRA, L. M. Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v. 30, supplement 1, p. 360-370, 2014.

IBGE-Series históricas e estatísticas: lavouras permanentes. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PA9&t=lavoura-permanente-quantidade-produzida>>. Acesso em: 19/12/2016.

LIRA JUNIOR, J. S. de; BRUCKNER, C. H.; CARNEIRO, P. C. S. Method for overcoming the passion fruit self-incompatibility. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 38, n. 4, p. 477, 2016.

LIRA JUNIOR, J. S.; FLORES, P. S.; BRUCKNER, C. H. UFV-M7: mutant yellow passion fruit genotype with photoperiod insensitivity for flowering. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, s/n, p. 128-131, 2014.

MELETTI, L.M.M.; SANTOS, R.R. dos; MINAMI, K. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do composto IAC-27. **Scientia Agricola**, v.56, p.491-498, 2000.

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

NAVE, N.; KATZ, E.; CHAYUT, N.; GAZIT, S.; SAMACH, A. Flower development in the passion fruit *Passiflora edulis* requires a photoperiod-induced systemic Graft-transmissible signal. **Plant, Cell and Environment**, v.33, s/n, p. 2065–2083, 2010.

PIRES, M. de M.; GOMES, A. da S.; MIDDLEJ, M. M. B. C.; SAO JOSE, A. R.; ROSADO, P. L.; PASSOS, H. D. B. Caracterização do mercado de maracujá. In: Pires, M. de M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. da (Org.). **Maracujá: Avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editora da UESC, 2011, p. 21-68.

SILVA, M. de S.; ATAÍDE, E. M.; SANTOS, A. K. E. dos; SOUZA, J. M. A. Qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo produzidos na safra e entressafra no Vale do São Francisco. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.17, n.1, p.41-49, 2016.

SILVA, M. G. de M.; VIANA, A. P. Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 525-531, 2012.

SILVA, T. V.; RESENDE, E. D. de; VIANA, A. P.; PEREIRA, S. de M. de F.; CARLOS, L. de A.; VITORAZI, L. Determinação da escala de coloração da casca e do rendimento em suco do maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 880-884, 2008.

SIMPSON, G.G.; DEAN, C. Arabidopsis, the Rosetta stone of flowering time? **Science**, V. 296, s/n, p. 285-9, 2002.

SOUZA, M.; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.G. & FRAGOAS, J.C. Maracujazeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. e ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.242-243.

SOUZA, S. A. M.; MARTINS, K. C.; AZEVEDO, A. S.; PEREIRA, T. N. S. Fenologia reprodutiva do maracujazeiro-azedo no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Ciência Rural**, v.42, n.10, p.1774-1780, 2012.

SRIKANTH, A.; SCHMID, M. Regulation of flowering time: all roads lead to Rome. **Cell Mol. Life Sci.** V. 68, p.2013–2037, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720p.

VASCONCELLOS, M. A. S.; DUARTE FILHO, J. Ecofisiologia do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: Epamig, v. 21, n. 206, p. 25-28, 2000.

WATSON, D.P.; BOWERS, F.A.I. Long days produce flowers on passion fruit. **Hawaii Farm Science**, Honolulu, v.14, n.2, p.3-5, 1965.

WHITELAM, G.C.; HALLIDAY, K. J. **Light and plant development**. Blackwell, Oxford, 2007.

ZACCHEO, P. V. C.; AGUIAR, R. S.; STENZEL, N. M. C.; SERA, T.; NEVES, C. S. V. J. Produção e características qualitativas dos frutos de híbridos de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1113-1120, 2012.