



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FENOLOGIA E MORFOMETRIA DE FLORES E FRUTOS DE
ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *Passiflora* spp. VISANDO AO
MELHORAMENTO GENÉTICO**

DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA

DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

ABRIL/2018

066D/2018

D.A.S. ESASHIKA – DOUTOR - 2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FENOLOGIA E MORFOMETRIA DE FLORES E FRUTOS DE
ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *Passiflora* spp. VISANDO AO
MELHORAMENTO GENÉTICO**

DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA

ORIENTADOR: FÁBIO GELAPE FALEIRO
CO-ORIENTADOR: NILTON TADEU VILELA JUNQUEIRA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 066D/2018

BRASÍLIA/DF
ABRIL/2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FENOLOGIA E MORFOMETRIA DE FLORES E FRUTOS DE
ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *Passiflora* spp. VISANDO AO
MELHORAMENTO GENÉTICO**

DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA.**

APROVADA POR:

**Fábio Gelape Faleiro, Dr., Embrapa Cerrados,
(Orientador) email: fabio.faleiro@embrapa.br**

**Ana Maria Costa, Dra., Embrapa Cerrados,
(Examinador externo) email: ana-maria.costa@embrapa.br**

**Michelle Sousa Vilela, Dra., Universidade de Brasília,
(Examinador interno) email: michellevilelaunb@gmail.com**

**Carmen Silvia Soares Pires, Dra., Embrapa Cenargen,
(Examinador externo) email: carmen.pires@embrapa.br**

BRASÍLIA/DF, 30 de abril de 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

Esashika, Danilo Akio de Sousa

Fenologia e morfometria de flores e frutos de espécies e híbridos de *Passiflora* spp. visando ao melhoramento genético/ Danilo Akio de Sousa Esashika; orientação de Fábio Gelape Faleiro; Co-orientação de Nilton Tadeu Vilela Junqueira – Brasília, 2018.

129 p. : il.

Tese de Doutorado (D) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. Passifloraceae. 2. Melhoramento Genético. 3. Recursos Genéticos. 4. Caracteres morfoagronômicos. 5. Análise Multivariada. 6. Parâmetros Genéticos.

I. Faleiro, F. G. II. Doutor.

CDD ou CDU

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ESASHIKA, D.A.S. **Fenologia e morfometria de flores e frutos de espécies e híbridos de *Passiflora* spp. visando ao melhoramento genético.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 129 p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA

TÍTULO DA TESE: Fenologia e morfometria de flores e frutos de espécies e híbridos de *Passiflora* spp. visando ao melhoramento genético.

GRAU: Doutor ANO: 2018.

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Danilo Akio de Sousa Esashika

CPF: 027.247.261-11

Endereço. Quadra 404, Bloco M, Asa Norte, DF.

Dedico este trabalho a todas às pessoas que fazem parte da nossa sociedade esperando que estas informações forneçam algum benefício para as suas vidas, em especial aos meus pais, Admilson Incaua Esashika e Suely Nilsa Guedes de Sousa Esashika, irmãos, Daniel Shim de Sousa Esashika e Rafael Incaua de Sousa Esashika e noiva Moana Lima Tavares por serem a melhor representação de Deus em minha vida.

**FENOLOGIA E MORFOMETRIA DE FLORES E FRUTOS DE ESPÉCIES E
HÍBRIDOS DE *Passiflora* ssp. VISANDO AO
MELHORAMENTO GENÉTICO**

RESUMO GERAL

Para que características florais favoráveis sejam inseridas nas cultivares comerciais é fundamental conhecer e caracterizar aspectos fenológicos, morfológicos e agronômicos das espécies silvestres que tenham implicações diretas na melhoria do desempenho agronômico de espécies comerciais. Estudos foram realizados com a finalidade de alcançar os objetivos de: (1) caracterizar os acessos do Banco de Germoplasma Flor da Paixão quanto à sua morfologia e biometria floral; (2) quantificar a altura do androginóforo e relacionar suas características com o tipo de polinizador; (3) avaliar a fenologia da produção de botões florais, flores e frutos em espécies silvestres cultivadas no Cerrado do Planalto Central; (4) identificar relações entre o número de carpelos e as características físicas dos frutos de acessos de maracujá azedo; (5) avaliar a eficiência de polinização manual e natural de flores de *Passiflora edulis* com três, quatro e cinco carpelos. Na condução do experimento: (1) foram avaliadas características biométricas de 9 flores de 23 acessos do gênero *Passiflora*, sendo que os dados foram submetidos à análise de variância, ao teste de Scott Knott, à estimativa de distância genética entre os acessos, às análises de agrupamento e ainda foram gerados gráficos de dispersão; (2) foi avaliada a altura do androginóforo em 9 flores de 23 acessos e os dados submetidos à análises de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott Knott; (3) foi avaliada uma faixa de 1 metro de espaldeira (2 m²) quanto à presença de botões florais, flores e frutos de janeiro de 2015 a dezembro de 2016, para 34 acessos; (4) foram mensuradas características físicas de frutos de maracujazeiro azedo, produzidos por flores com três e quatro carpelos, sendo que os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (5) flores com três, quatro e cinco carpelos foram polinizadas manualmente e marcadas para posterior avaliação do vingamento e flores com três e quatro carpelos foram marcadas e deixadas livres visitantes florais, adicionalmente foi avaliada a frequência dos três tipos florais na cv. BRS Sol do Cerrado (*P. edulis*) e seus genitores e ainda o grau de curvatura dos estiletos. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey. Os principais resultados obtidos foram: (1) as características altura do androginóforo e diâmetro da flor foram as que mais contribuíram para a divergência entre os acessos avaliados. Nas análises de agrupamento dos acessos, observou-se a tendência de formação de três grupos relacionados com a altura do androginóforo e a coloração predominante das flores (vermelha, roxa ou branca). (2) a existência de relações entre a altura do androginóforo e a síndrome de polinização de cada espécie. (3) a existência de maracujazeiros silvestres e híbridos que produzem botões florais, flores e frutos no período de entressafra do maracujazeiro azedo comercial. (4) os frutos gerados por flores com quatro carpelos foram mais pesados e mais arredondados, apresentando maior quantidade de polpa, maior quantidade e massa de sementes. (5) flores com cinco carpelos apresentaram eficiência de polinização de 100%, seguidas pelas flores com quatro (97,14%) e três (91,43%) carpelos. Pode-se concluir, que há acessos com potencial a serem explorados comercialmente *per se* ou inseridos na base de cruzamento dos programas de melhoramento genético de maracujazeiro.

Palavras-chave: maracujazeiro, variabilidade genética, melhoramento de plantas.

PHENOLOGY AND MORPHOMETRY OF FLOWERS AND FRUITS OF *Passiflora* spp. SPECIES AND HYBRIDS AIMING TO GENETIC BREEDING

ABSTRACT

To insert favorable floral characteristics in the commercial passiflora cultivars it is necessary to know and characterize wild species about their phenological, morphological and agronomic aspects that have direct implications in the improvement of the agronomic performance of commercial species. Studies were carried out with the purpose of reaching the objectives of: (1) characterizing the accesses of the Passion Flower Germplasm Bank as to its floral biometry and morphology; (2) quantify the height of the androgynophore and relate its characteristics to the type of pollinator; (3) evaluate the phenology of the production of floral buds, flowers and fruits in wild species cultivated in the Cerrado of Planalto Central; (4) to identify relationships between the number of carpels and the physical characteristics of the fruits of sour passion fruit; (5) evaluate the efficiency of manual and natural pollination of *Passiflora edulis* flowers with three, four and five carpels. In the experiment conduction: (1) biometric characteristics of 9 flowers of 23 accessions of the genus *Passiflora* were evaluated. Data were submitted to analysis of variance, Scott Knott's test, genetic distance estimation between accesses, cluster analysis and scatter plots were also generated; (2) the height of the androgynophore was evaluated in 9 flowers from 23 accessions and the data submitted to analysis of variance and the means grouped by the Scott Knott test; (3) a range of 1 meter of vertical cordon (2 m²) was evaluated for floral buds, flowers and fruits from January 2015 to December 2016, for each of the 34 accessions; (4) were measured physical characteristics of passion fruits produced by flowers with three and four carpels, and the data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5% of probability. (5) flowers with three, four and five carpels were manually pollinated and marked for further evaluation of the fruit set and flowers with three and four carpels were marked and left free to floral visitors, in addition the frequency of the three flower types in the cv. BRS Sol do Cerrado (*P. edulis*) and their parents and also the degree of curvature of the style. Data were submitted to analysis of variance and Tukey's test. The main results obtained were: (1) the characteristics of androgynophore height and flower diameter were the ones that most contributed to the divergence between the accesses evaluated. In the grouping analysis of the accessions, was observed the tendency to constitute three groups related to androgynophore height and predominant coloration of the flowers (red, purple or white). (2) there are relationships between the androgynophore height and the pollination syndrome of each species. (3) there are wild and hybrid passion fruit plants that produce floral buds, flowers and fruits during the off season of the commercial sour passion fruit. (4) the fruits generated by flowers with four carpels were heavier and more rounded, presenting higher amount of pulp, higher mass and quantity of seeds. (5) flowers with five carpels presented 100% pollination efficiency, followed by flowers with four (97.14%) and three (91.43%) carpels. It can be concluded that there are accesses with the potential to be commercially exploited *per se* or inserted in the cross-breeding base of passion fruit breeding programs.

Keywords: Passion fruit, genetic variability, plant breeding.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xii
LISTA DE TABELAS	xv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO	20
2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DO MARACUJAZEIRO	22
2.3 MORFOLOGIA FLORAL	23
2.4 CURVATURA DOS ESTILETES	25
2.5 ANTESE	25
2.6 AUTO-INCOMPATIBILIDADE	26
2.7 POLINIZAÇÃO.....	28
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO 1 - MORFOMETRIA FLORAL DE ACESSOS DE PASSIFLORA, SUA ASSOCIAÇÃO COM AGENTES POLINIZADORES E USO NO PRÉ-MELHORAMENTO	40
RESUMO	40
ABSTRACT.....	41
1.1 INTRODUÇÃO	42
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	44
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
1.4 CONCLUSÕES	57
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

CAPÍTULO 2 – ALTURA DO ANDROGINÓFORO E SUA ASSOCIAÇÃO COM AGENTES POLINIZADORES NO PRÉ-MELHORAMENTO DO MARACUJAZEIRO.....	67
RESUMO	67
ABSTRACT.....	68
2.1 INTRODUÇÃO	69
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	71
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
2.4 CONCLUSÕES	79
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
CAPÍTULO 3 – FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES SILVESTRES E HÍBRIDOS DE <i>Passiflora</i>	85
RESUMO	85
ABSTRACT.....	86
3.1 INTRODUÇÃO	87
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	88
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
3.4 CONCLUSÕES	94
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE CARPELOS NA QUALIDADE FÍSICA DOS FRUTOS DE MARACUJAZEIRO AZEDO	99
RESUMO	99
ABSTRACT.....	100
4.1 INTRODUÇÃO	101
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	102
4.2.1 Primeiro experimento – População de melhoramento	102
4.2.2 Segundo experimento – Cultivar BRS Gigante Amarelo	102

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
4.3.1 Primeiro experimento – População de melhoramento	104
4.3.2 Segundo experimento – Cultivar BRS Gigante Amarelo	106
4.4 CONCLUSÕES	110
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
CAPÍTULO 5 – NÚMERO DE CARPELOS NA EFICIÊNCIA DA POLINIZAÇÃO DO MARACUJAZEIRO-AZEDO	113
RESUMO	113
ABSTRACT.....	114
5.1 INTRODUÇÃO	115
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	116
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
5.4 CONCLUSÕES	125
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	Página
Figura 1. Flor de <i>P. edulis</i> Sims com três carpelos, sendo a) brácteas, b) tubo do cálice, c) sépala, d) pétala, e) corona de filamentos, f) opérculo, g) limen, h) androginóforo, i) filete, j) antera, k) ovário, l) estilete e m) estigma (CERVI, 1997).	24

Capítulo 1

Figura 1.1 Análise de agrupamento de 23 acessos do gênero *Passiflora*, baseada na matriz de distâncias genéticas calculada utilizando a distância genética de Mahalanobis de sete caracteres morfoagronômicos e o método de UPGMA como critério de agrupamento. O coeficiente de correlação cofenético (r) é de 0,85. Distância morfológica média de 1168,20 (ponto de corte). Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017.

Figura 1.2 Dispersão gráfica de 23 acessos do gênero *Passiflora* de diferentes colorações da flor baseado na matriz de distâncias genéticas calculada a partir de 7 caracteres da morfologia floral usando a distância generalizada de Mahalanobis. Coloração dos acessos: (–) flores com predominância do branco; (–) flores com predominância da coloração roxa e (–) flores com predominância do vermelho. Código dos acessos: 1- *P. coccinea*, CPAC MJ-08-01; 2 - *P. tholozanii*, CPAC MJ-65-03; 3 - *P. coccinea* X *P. setacea*, CPAC MJ-H-36; 4 - *P. speciosa* X *P. coccinea*, CPAC MJ-H-52; 5 - *P. quadriglandulosa*, CPAC MJ-62-01; 6 - *P. coccinea* , CPAC MJ-08-05; 7 - *P. miersii*, CPAC MJ-34-01; 8 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-07; 9 – *P. gardneri*, CPAC MJ-39-04; 10 - *P. amethystina* , CPAC MJ-13-09; 11 - *P. edulis*, CPAC MJ-21-06; 12 - *P. foetida*, CPAC MJ-28-04; 13 - *P. eichleriana* x *P. giberti*, CPAC MJ-23-01; 14 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-08; 15 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-05; 16 - *P. malacophylla*, CPAC MJ-43-02; 17 - *P. organensis*, CPAC MJ-51-02; 18 - *Passiflora* sp. , CPAC MJ-1; 19 - *P. micropetala*, CPAC MJ-41-01; 20 - *P. rubra*, CPAC MJ-69-01; 21 – *P. organensis*, CPAC MJ-51-01; 22 - *P. suberosa*, CPAC MJ-35-01S; 23 - *P. suberosa*, CPAC MJ-35-01. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2018.....

Capítulo 2

- Figura 2.1.** Destaque ao androginóforo de flor de *Passiflora edulis* Sims, Embrapa Cerrados, 2017.....71
- Figura 2.2.** Maracujazeiros do Banco de Germoplasma Flor da Paixão com predominância da coloração vermelha (Grupo 1): (A) *P. coccinea*; (EMBRAPA, 2018a) (B e F) *P. tholozanii*; (C) *P. coccinea* X *P. setacea*; (D) *P. speciosa* X *P. coccinea*; (E) *P. quadriglandulosa*. Planaltina-DF, 2018. 75
- Figura 2.3.** Maracujazeiros do Banco de Germoplasma Flor da Paixão (Grupo 2): (A) *P. miersii*; (B) *P. amethystina*; (C) *P. gardneri* (EMBRAPA, 2018a); (D) *P. amethystina*; (E) *P. edulis* amarelo; (F) *P. foetida* (EMBRAPA, 2018a); (G) *P. eichleriana* x *P. gibertii*; e (H) *P. amethystina*. Planaltina-DF, 2018. 76
- Figura 2.4.** Maracujazeiros do Banco de Germoplasma Flor da Paixão (Grupo 3): (A) *P. amethystina*; (B) *P. malacophylla*; (C) *P. organensis* (EMBRAPA, 2018a); (D) *Passiflora* sp.; (E) *P. micropetala*; (F) *P. rubra*; (G e H) *P. suberosa*. Planaltina-DF, 2018..... 76
- Figura 2.5.** Flor de *Passiflora malacophylla* sendo visitada por abelha *Apis mellifera*, Planaltina-DF, 2017. 78

Capítulo 3

- Figura 3.1.** Precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima de 2015 à 2016. Planaltina-DF. 88
- Figura 3.2.** Precipitação, umidade relativa do ar máxima e mínima de 2015 à 2016. Planaltina-DF. 88

Capítulo 4

- Figura 4.1.** Flores de maracujazeiro com cinco, quatro e três estiletos respectivamente (A, D e G). Cortes do ovário na segunda coluna evidenciando cinco, quatro e três placentações (B, E e H) e cortes horizontais dos frutos na última coluna (C, F e I). Planaltina-DF, 2015..... 104
- Figura 4.2.** Flores e ovários de maracujazeiro com três (A e B) e quatro (C e D) carpelos. Setas em vermelho indicam conjuntos de estigmas e estiletos. Setas azuis indicam as placentações dentro do ovário. Planaltina-DF, 2018. 107

Capítulo 5

Figura 5.1. Vista aérea do local do experimento, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.....	116
Figura 5.2. Esquema do experimento de polinização manual e natural de flores com três, quatro e cinco carpelos da cv. BRS Sol do Cerrado, Brasília – DF, 2018.....	116
Figura 5.3. Polinização de flores de <i>Passiflora edulis</i> cv. BRS Sol do Cerrado, Núcleo Rural Lamarão – DF, 2018.	117
Figura 5.4. Flores de <i>Passiflora edulis</i> com ovário entumescido, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.....	118

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Exemplo de cruzamento envolvendo auto-incompatibilidade esporofítica e gametofítica.....	27
Tabela 2. Eficiência da polinização natural e artificial em <i>P. edulis</i> Sims.	29
 Capítulo 1	
Tabela 1.1. Acessos do gênero <i>Passiflora</i> do Banco de Germoplasma Flor da Paixão avaliados, Planaltina-DF, 2015-2016.	45
Tabela 1.2. Médias, estimativas de herdabilidade ao nível da média (h^2_a), coeficientes de variação genético (CVg), coeficientes de variação experimental (CVe), coeficientes da razão CVg/ CVe (CVr) do comprimento do androginóforo, do filete, da antera, do estilete, do diâmetro do ovário, da altura do ovário e do diâmetro da flor de 23 acessos do gênero <i>Passiflora</i> do Banco de Germoplasma Flor da Paixão da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2015-2017.	47
Tabela 1.3. Distância de Mahalanobis entre acessos do gênero <i>Passiflora</i> de acordo com 7 caracteres morfoagronômicos, Planaltina-DF, 2017.	53
 Capítulo 2	
Tabela 2.1. Acessos do gênero <i>Passiflora</i> do Banco de Germoplasma Flor da Paixão avaliados, Planaltina-DF, 2016-2017.	72
Tabela 2.2. Altura de androginóforo de 23 acessos do gênero <i>Passiflora</i> do Banco de Germoplasma Flor da Paixão, Planaltina-DF, 2015-2016.	74
 Capítulo 3	
Tabela 3.1. Resultados da análise de solo da área experimental, 2014.	89

Tabela 3.2. Produção de botões florais, flores (em verde) e frutos (em vermelho) por acessos do gênero <i>Passiflora</i> nas condições do Cerrado do Planalto Central do Brasil, Planaltina-DF 2015 - 2016.	93
---	----

Capítulo 4

Tabela 4.1. Características físicas de frutos de maracujá com quatro e três carpelos, Planaltina-DF, 2015.	105
--	-----

Tabela 4.2. Características físicas de frutos de maracujá com quatro e três carpelos, Planaltina-DF, 2017.	106
--	-----

Tabela 4.3. Matriz de correlação fenotípica entre características físicas dos frutos com 3 e 4 carpelos, Planaltina-DF, 2017.	108
---	-----

Capítulo 5

Tabela 5.1. Eficiência da polinização manual e natural de flores de maracujazeiro azedo cv. BRS Sol do Cerrado com três, quatro e cinco carpelos, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.	119
--	-----

Tabela 5.2. Frequência da inclinação dos estiletos de flores de maracujazeiro azedo cv. BRS Sol do Cerrado com três, quatro e cinco carpelos, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.	121
--	-----

Tabela 5.3. Frequência de flores de maracujazeiro azedo cv. BRS Sol do Cerrado com três, quatro e cinco carpelos, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.	122
--	-----

Tabela 5.4. Frequência de flores com três, quatro e cinco carpelos de maracujazeiros genitores da cv. BRS Sol do Cerrado, Planaltina - DF, 2018.	123
--	-----

1. INTRODUÇÃO GERAL

O maracujá pertence ao gênero *Passiflora* L., o principal da família *Passifloraceae* que é composta por 36 gêneros, com 932 espécies (THE PLANT LIST, 2013). No Brasil há quatro gêneros que totalizam 150 espécies, sendo 147 do gênero *Passiflora* L. (FLORA DO BRASIL, 2016). Vários autores, entre eles Ferreira (2005), relatam a ampla diversidade e variabilidade genética do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). No *The Plant List* (2016) há 534 espécies aceitas no gênero *Passiflora*, sendo que mais de 140 são originárias do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2016), um dos principais centros de diversidade genética (CERVI, 1997).

Além da indiscutível importância ecológica de tamanha diversidade e variabilidade existente no gênero, estas espécies possuem também grande importância nos programas de melhoramento genético do maracujazeiro no Brasil e no mundo (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2009; FALEIRO et al., 2011; FALEIRO et al., 2015). A utilização dos recursos genéticos da flora brasileira favorece a sua preservação através da sua valoração pela sociedade. Neste sentido é necessário cada vez mais utilizar as diferentes espécies do gênero *Passiflora* em diferentes sistemas de produção e nos programas de melhoramento visando alcançar maior produtividade, qualidade do produto, resistência a doenças, ornamentação e diminuição dos custos de produção.

Apesar da rica biodiversidade de passifloráceas, o cultivo de maracujás no Brasil se restringe a poucas espécies. As mais representativas são o maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims) e o maracujá doce (*Passiflora alata* Curtis). Nos últimos anos, foram desenvolvidas novas cultivares de outras espécies que estão ganhando espaço no mercado, a exemplo das cultivares BRS Pérola do Cerrado e BRS Sertão Forte das espécies *Passiflora setacea* DC. e *Passiflora cincinnata* Mast., respectivamente (FALEIRO et al., 2017; EMBRAPA, 2018). As informações sobre a representatividade de cada espécie nas lavouras brasileiras são imprecisas, mas estima-se a predominância do cultivo do *P. edulis* Sims, ocupando aproximadamente 95% dos pomares de maracujá do Brasil (JESUS et al., 2017)

Em escala comercial, o cultivo de maracujás no território nacional teve início no começo da década de 1970 com o maracujá-azedo (OLIVEIRA et al., 1994; SOUZA; MELETTI, 1997). Desde então, muitos avanços foram estabelecidos nos pomares brasileiros como: a utilização de cultivares mais produtivas e resistentes a doenças; a diminuição do

espaçamento; a utilização de irrigação; o manejo da fertilidade do solo; e a polinização manual (MELLETTI, 2011). Tais avanços possibilitaram o aumento significativo na produtividade média brasileira de 4,2 t ha⁻¹ em 1985 para 14,6 t ha⁻¹ em 2016, com registro de produtividades acima de 50 t ha⁻¹ a céu aberto e mais de 75 t ha⁻¹ em estufa (CANÇADO JÚNIOR et al., 2000; AGUIAR; SANTOS, 2001; IBGE, 2013; GONTIJO et al., 2016).

Apesar dos avanços tecnológicos, a cultura do maracujá-azedo ainda apresenta consideráveis gargalos para a obtenção de altas produtividades nos pomares comerciais, dependendo da região e nível tecnológico utilizado pelos produtores. A sazonalidade da produção em regiões de alta latitude, a dependência de mão de obra para a polinização manual, e o impacto negativo de pequenas abelhas que roubam o pólen sem realizar a polinização são problemas a serem superados.

A sazonalidade da oferta de maracujás no mercado ocorre nos primeiros meses do segundo semestre do ano devido à redução na formação e no vingamento de flores nos meses de Julho à Agosto (JUNQUEIRA et al., 2001), principalmente em regiões de alta latitude (Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Isso se deve a um conjunto de fatores como a sensibilidade do maracujazeiro ao fotoperíodo menor que 11h20min, baixas temperaturas noturnas e ausência de polinizadores naturais (JUNQUEIRA et al., 2001). Para o desenvolvimento de cultivares capazes de produzir na entressafra, há a possibilidade de selecionar e utilizar acessos insensíveis ao fotoperíodo e mais tolerantes ao frio na base genética dos programas de melhoramento, com a vantagem de agregar resistências a fatores bióticos e abióticos presentes nas várias espécies silvestres do gênero (JUNQUEIRA et al., 2005; 2006).

Segundo Junqueira et al. (2005), algumas espécies silvestres têm características interessantes que poderiam ser introduzidas no maracujazeiro comercial. A autocompatibilidade, por exemplo, é uma característica presente em *P. tenuifila* Killip, *P. elegans* Mast., *P. capsularis* L., *P. villosa* Vell., *P. suberosa* L., *P. morifolia* Mast., *P. morifolia* “moricado” e *P. foetida* L. A autocompatibilidade pode ser importante para aumentar a produtividade e reduzir custos com mão de obra para a polinização manual, bem como para reduzir o impacto negativo provocado pelas abelhas pequenas que são predadoras de pólen.

O androginóforo é a estrutura que eleva os aparelhos reprodutivos em relação ao receptáculo floral, dificultando a polinização por agentes polinizadores de médio e pequeno

porte, em maracujazeiros comerciais como o *Passiflora edulis* Sims. Nessa cultura, algumas abelhas são pragas ao invés de polinizadoras pelo fato de seu tamanho não permitir acessar o estigma, que é facilmente polinizado por abelhas de grande porte como as do gênero *Xilocopa* quando acessam a flor em busca de néctar (CERVI, 1997). A redução do androginóforo poderia viabilizar a polinização por abelhas pequenas diminuindo a dependência por mão de obra na polinização manual. Dentre os custos envolvidos na produção do maracujá a polinização manual é um importante fator podendo ser minorada com o desenvolvimento de materiais autocompatíveis e de menores tamanhos de androginóforos, possibilitando a polinização por abelhas de médio e pequeno porte.

Há, portanto diversas características florais que podem auxiliar na resolução de problemas antigos da cadeia produtiva do maracujazeiro no Brasil. Aumentar a produtividade dos pomares sempre é uma meta dos melhoristas. Portanto, identificar acessos de passifloráceas que apresentem características que contribuam para melhorar a produtividade é de grande importância para os programas de melhoramento genético. Acredita-se que o número de carpelos da flor esteja associado ao tamanho do fruto e rendimento de polpa, sendo que as plantas com quatro e cinco carpelos tenderiam a ser mais produtivas. Da mesma forma, acredita-se que o número de estigmas poderia influenciar diretamente na eficiência da polinização natural e artificial. Entretanto, é necessário o aprofundamento dos estudos para confirmar a informação.

Diante do exposto acima, neste trabalho objetivou-se analisar a fenologia e a morfometria de flores e frutos de espécies e híbridos de maracujazeiro visando identificar características de potencial para utilização no melhoramento genético. Como objetivos específicos, pode-se citar: (1) caracterizar os acessos do Banco de Germoplasma Flor da Paixão quanto à sua morfologia e biometria floral; (2) quantificar a altura do androginóforo e relacionar suas características com o tipo de polinizador; (3) avaliar a fenologia da produção de botões florais, flores e frutos em espécies silvestres cultivadas no Cerrado do Planalto Central; (4) identificar relações entre o número de carpelos e as características físicas dos frutos de acessos de maracujá azedo; (5) avaliar a eficiência de polinização manual e natural de flores de *Passiflora edulis* com três, quatro e cinco carpelos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO

As espécies de maracujá pertencem à família *Passifloraceae* que é composta por 36 gêneros, sendo que o *Passiflora* apresenta a maior expressividade, com 534 espécies (THE PLANT LIST, 2013; FLORA DO BRASIL, 2016).

O cultivo do maracujazeiro no Brasil, em escala comercial, teve início no começo da década de 1970, com a espécie *Passiflora edulis* Sims, também conhecida como maracujá-amarelo ou maracujá-azedo. O número de espécies no Brasil é de 147, sendo que o maior centro de distribuição geográfica deste gênero localiza-se no Centro-Norte do Brasil (OLIVEIRA et al., 1994; SOUZA; MELETTI, 1997; FLORA DO BRASIL, 2016).

A segunda espécie mais cultivada no país é *Passiflora alata* Curtis ou maracujá-doce. O maracujá-roxo também pertencente à espécie *Passiflora edulis* Sims e é muito cultivado na Austrália, África e Sudeste Asiático (MELETTI, 1995). Constata-se que apesar da diversidade do gênero *Passiflora* poucas espécies são utilizadas devido à fatores inerentes ao mercado consumidor e à cadeia produtiva. A utilização das espécies do gênero como fonte de genes de interesse no melhoramento genético dos maracujazeiros azedo e doce é uma das mais promissoras tentativas de explorar a diversidade das passifloras (JUNQUEIRA et al., 2005).

Para isso, segundo Oliveira e Ruggiero (2005), estudos detalhados de biologia floral e cruzamentos controlados precisam ser realizados para incorporar genes favoráveis de espécies silvestres nas espécies *P. edulis* e *P. alata*. Em pesquisas realizadas por Junqueira et al., (2005), obtiveram-se híbridos férteis e promissores para o melhoramento, sendo que *P. setacea*, *P. coccinea* e *P. glandulosa* apresentam compatibilidade genética com *P. edulis* f. *flavicarpa*, quando utilizadas como genitor masculino ou feminino, e *P. caerulea* quando utilizada como genitor masculino.

Aspectos da biologia do maracujazeiro não dificultam apenas os cruzamentos interespecíficos, mas também, alguns cruzamentos intraespecíficos, autofecundação e retrocruzamentos no caso de haver auto-incompatibilidade entre as plantas (AKAMINE; GIROLAMI, 1959). Tais característica tem implicações importantes nas técnicas de polinização visando a produção e o melhoramento genético (ALLARD, 1966).

Bruckner (1994) demonstrou que a auto-incompatibilidade em maracujazeiro-azedo é do tipo homomórfica e esporofítica. Há ferramentas para superar a auto-incompatibilidade

como a polinização das flores na fase de botão floral e a realização de duas polinizações com 4 horas de diferença entre elas (FERNANDES et al. 1996; RICHARDS, 1997) que permitem gerar cultivares ecofisiologicamente mais adaptadas (LIRA JÚNIOR, 2016), gerando maior produtividade e renda ao agricultor com menos danos à natureza.

A ecofisiologia vegetal é a ciência que realiza o estudo descritivo das respostas dos organismos em relação às condições do ambiente e a análise das causas dos seus correspondentes mecanismos fisiológicos (LARCHER, 2000). Fatores ambientais como temperatura, radiação solar, disponibilidade hídrica, solo, ventos e outros seres vivos podem desempenhar papéis fundamentais na passicultura.

A temperatura é fator chave na passicultura e, em geral, o maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) se adequa bem a temperaturas entre 20-32°C (TEIXEIRA, 1994; MELETTI, 1995). Temperaturas fora deste padrão podem provocar distúrbios na planta: temperatura noturna abaixo de 15°C reduz o vingamento de frutos; temperaturas acima de 32 °C associadas a baixa umidade relativa do ar provocam redução na fixação dos frutos (PIZA JÚNIOR, 1991; JUNQUEIRA et al., 2001).

Com relação à precipitação pluviométrica, o maracujazeiro azedo possui como faixa ideal 800 mm a 1700 mm anuais, desde que bem distribuídos. Esta cultura apresenta certa tolerância a curtas estiagens, porém um longo período em déficit hídrico retarda o crescimento, reduz a acumulação total dos nutrientes, o crescimento dos ramos e a abertura dos botões florais (MENZEL et al., 1986; TEXEIRA, 1994; MELETTI, 1995).

O solo ideal é areno-argiloso, profundo, levemente ácido e com boa drenagem (PIZA JUNIOR 1991; TEXEIRA, 1994; MELETTI, 1995). A absorção dos nutrientes minerais aumenta a partir de 250 dias de idade (1 mês antes do aparecimento dos frutos) (HAAG et al., 1973). De modo generalizado, a deficiência de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre provocam severa redução no crescimento; a deficiência de fósforo atrasa o desenvolvimento dos ramos laterais, diminui a floração e promove a queda dos frutos; a deficiência de potássio atrasa a floração e provoca diminuição no tamanho dos frutos (BLONDEAU; BERTINI, 1978, 1980).

Esta cultura não é exigente quanto à altitude que pode variar de 100 a 1500 metros (CASTRO; KLUGE, 1998), porém é muito influenciada pela latitude que irá afetar diretamente na quantidade, em horas, de radiação solar recebida pela planta durante o dia (fotoperíodo), pois são plantas que necessitam de dias longos para florir, sendo 11 horas

luz/dia o fotoperíodo crítico (WATSON; BOWERS, 1965; MENZEL; SIMPSON, 1988). Cavichioli et al., (2009) conseguiram incremento de 78% na produtividade utilizando lâmpadas artificiais para atingir 12h de luz dia em época do ano com fotoperíodo abaixo do crítico.

Nas regiões de maior latitude ($> 15^{\circ} S$), os maracujazeiros normalmente iniciam a florada no mês de novembro estendendo-a até meados de maio do ano seguinte, sendo que o maior pico de produção de frutos ocorre de Janeiro à Julho. Uma maneira de incrementar as possibilidades da cadeia produtiva da passicultura é a indução do florescimento e consequente frutificação na entressafra através da mudança na época de plantio e de podas (JUNQUEIRA et al, 2001). Estudos aprofundados em maracujazeiros sobre os mecanismos anatômicos, morfológicos, biomoleculares e químicos das respostas das plantas aos fatores ambientais ainda são incipientes, necessitando da constante pesquisa para a elucidação de questionamentos e geração de soluções inovadoras.

2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DO MARACUJAZEIRO

Há vários métodos de melhoramento genético viáveis em maracujazeiro, com o objetivo sempre de inserir, preservar e aumentar a presença de genes de interesse muitas das vezes através da exploração do vigor híbrido ou heterose. A seleção simultânea de vários caracteres de interesse mostra-se uma boa alternativa à seleção de características isoladas (CRUZ; REGAZZI, 2001). A frequência de genes favoráveis na população de melhoramento pode ser aumentada pela seleção massal, pela seleção com teste de progênies, pela hibridação, retrocruzamentos e pela seleção recorrente (FALEIRO et al., 2005).

A eficiência da seleção com teste de progênies depende da capacidade da planta de gerar bons descendentes, e ainda que os caracteres avaliados sejam de razoável herdabilidade e com efeitos genéticos aditivos (ALLARD, 1966; OLIVEIRA et al., 1994). O teste de progênies em maracujazeiros pode ser feito a partir de progênies de irmãos germanos ou meio irmãos (MELLETI; BRUCKNER, 2001). Para obtenção de progênie de irmãos germanos são necessários cuidados para não haver contaminação por pólen de plantas indesejáveis, já que o cruzamento é entre plantas selecionadas. A obtenção de progênies de meio-irmãos é mais simples, basta recolher um fruto das plantas selecionadas e já se tem sementes suficientes para constituir uma progênie de meio irmãos (MELLETI; BRUCKNER, 2001; BORÉM et al., 2017).

A hibridação consiste em realizar o cruzamento entre indivíduos distantes geneticamente, que podem ser de linhagens puras ou mesmo indivíduos de espécies diferentes. Essa técnica é comumente realizada em maracujazeiros devido à grande diversidade do gênero (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2009).

A metodologia dos retrocruzamentos é muito utilizada após hibridações para recuperar as características do progenitor recorrente mantendo as características desejadas do genitor doador. É um método mais adequado para caracteres qualitativos controlados por pequenas quantidades de genes. A progênie (híbrido) é cruzada com o genitor recorrente, comumente, por diversos ciclos de seleção recorrente antes de se lançar a cultivar. Com esta técnica aumenta-se a frequência de alelos favoráveis de forma mais direcionada (BORÉM et al., 2017).

O vigor híbrido é fortemente expresso no híbrido simples, podendo-se utilizar também híbridos duplos (híbrido x híbrido) ou híbridos triplos (híbrido x linhagem) (BEAL, 1975). Para hibridizar maracujazeiros basta polinizar a planta de interesse com o pólen do genitor masculino. Também são necessários cuidados com a não contaminação da flor com pólen de outra planta, para isso é necessário isolá-la com sacos de papel antes da antese até dias depois da polinização. Por ser uma planta alógama, não é necessário emasculiar a flor, porém é sempre importante considerar as exceções autocompatíveis existentes dentro do gênero (BORÉM et al., 2017).

Hibridações interespecíficas têm sido realizadas com o objetivo de transferência de caracteres favoráveis de outras espécies para *Passiflora edulis*, apresentando, algumas vezes, desafios para os melhoristas pelos problemas de esterilidade masculina, dificuldades no florescimento, pouca viabilidade polínica. Apesar de tudo é uma técnica com grande potencial pelo fato de as espécies silvestres possuírem várias características de grande interesse como resistência a doenças, produção na entressafra, autocompatibilidade e outras (BEAL, 1975; BORÉM, 1999a; BORÉM, 1999b; MELETTI; BRUCKNER, 2001; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2009; FALEIRO et al., 2011; FALEIRO et al. 2015).

2.3 MORFOLOGIA FLORAL

As flores do maracujazeiro são axilares e solitárias na maioria das espécies, possuem pedúnculo no qual estão inseridas três brácteas, geralmente foliáceas. No receptáculo floral,

também denominado tubo do cálice, estão anexadas as peças florais (Figura 1) (SIMS, 1818; DEGENER, 1932; KILLIP, 1938; CERVI, 1997).

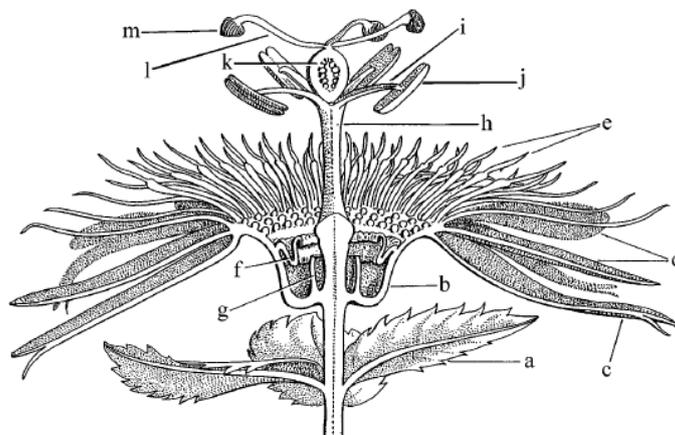


Figura 1 Flor de *P. edulis* Sims com 3 carpelos, sendo a) brácteas, b) tubo do cálice, c) sépala, d) pétala, e) corona de filamentos, f) opérculo, g) limen, h) androginóforo, i) filete, j) antera, k) ovário, l) estilete e m) estigma (CERVI, 1997).

O receptáculo das flores de maracujazeiros se destaca pela presença de opérculos logo abaixo dos filamentos da corona, trata-se de uma membrana circular presente em toda a circunferência do receptáculo. A corona de filamentos é uma importante estrutura na classificação botânica das espécies de passiflora, sendo constituída por vários filamentos filiformes distribuídos em uma ou mais séries (Figura 1). Biologicamente, cumpre a função de atrair insetos e pássaros, pois em muitos casos possuem cores atrativas a esses dois grupos de polinizadores. Algumas espécies de passifloráceas possuem ainda anel nectarífero no receptáculo floral logo abaixo do opérculo, cuja função é produzir néctar para atrair os agentes polinizadores. Outras apresentam o límen, membrana que circunda a base do androginóforo (SIMS, 1818; DEGENER, 1932; KILLIP, 1938; CERVI, 1997).

O androginóforo é uma coluna reta que se inicia na base do receptáculo floral e termina quando começa o ovário (Figura 1). Sua função é a de elevar os aparelhos reprodutivos variando sua altura de acordo com a espécie. Envolvendo o androginóforo, está uma membrana que faz parte dos estames, a qual irá se separar do androginóforo na altura da inserção do ovário onde estão localizados os cinco estames. Na extremidade dos filetes estão localizadas anteras biloculares (CERVI, 1997).

Logo acima do androginóforo, está o ovário unilocular (Figura 1), que pode ter diferentes formatos (globoso, ovóide, elipsóide ou oblongo) (SIMS, 1818; DENEGER, 1932; KILLIP, 1938; CERVI, 1997), e pode possuir mais de três placentações parietais onde estão aderidos os óvulos (ESASHIKA et al., 2017). Na extremidade superior do ovário estão os estiletos e no seu ápice os estigmas (CERVI, 1997), que podem se apresentar em número maior que três (ESASHIKA et al., 2017).

2.4 CURVATURA DOS ESTILETOS

Quando a flor do maracujazeiro se abre, seus estiletos estão em posição quase paralela, curvados para cima e, com o decorrer do tempo, os estiletos vão se curvando inteiramente ou não (RUGGIERO, 1973). Para realizar a curvatura completa, o tempo estimado é de 71,24 minutos. O estigma torna-se mais viscoso, e conseqüentemente mais receptivo, quando o estilete completa a sua curvatura (RUGGIERO et al., 1976; RUGGIERO, 1987). A mesma planta pode apresentar flores com estiletos totalmente curvos (TC), parcialmente curvos (PC) e sem curvaturas (SC) (RUGGIERO, 1973; RUGGIERO et al., 1976).

As flores com estilete TC apresentam seus estigmas abaixo das anteras, posição que facilita o contato com os insetos polinizadores, representando de 57% a 87% do total de flores da planta podendo, em alguns casos, ser de 100% (RUGGIERO et al., 1976). As flores com estiletos PC representam de 10 a 28% do total de flores emitidas pela planta, chegando a representar 88 % do total de flores em casos excepcionais. Sua inclinação em relação às anteras é de aproximadamente 45° (RUGGIERO et al., 1976). As flores do tipo SC ocorrem em menor porcentagem (2% a 15%). Nesse tipo de flor, os estiletos formam ângulo de 90° em relação às anteras. Mesmo realizando polinização manual, normalmente estas flores não frutificam (RUGGIERO et al., 1976).

2.5 ANTESE

Os horários de antese são bem variados entre as espécies de maracujazeiro, podendo ocorrer em período diurno e noturno. Para alguns acessos de *P. edulis* Sims, a antese é diurna e síncrona, ocorrendo entre 12 h e 14 h dependendo da região e clima (Siqueira et al, 2009). Em dias mais frios e nublados o horário de abertura pode atrasar. Já para o maracujá doce (*P. alata* Curtis), o horário de antese se inicia durante a madrugada, alcançando o pico às 10 h e

se encerrando às 12 h. A cultivar BRS Pérola do Cerrado (*P. setacea*) possui características noturnas, suas flores brancas e grandes são polinizadas por morcegos, portanto a sua antese ocorre no início do período noturno, podendo permanecer abertas até 8h do dia seguinte (JUNQUEIRA et al., 2016).

O horário de abertura da flor influencia diretamente nos tratos culturais do pomar, desde a organização para a atividade de polinização manual como também para a definição dos horários das pulverizações. No caso do maracujazeiro-azedo, é mais adequado aplicar inseticidas nas primeiras horas da manhã ou de preferência que seja noturna para preservar os polinizadores e não umedecer os grãos de pólen (CAMILLO, 2003).

Após a polinização, o estigma precisa permanecer seco por pelo menos duas horas para que ocorra a fecundação e, conseqüentemente, a formação do fruto. O fato foi observado por Akamine e Girolami (1959) e Ruggiero (1987) em estudos utilizando polinização artificial e observações climatológicas. Flores que receberam chuvas antes das duas horas após a polinização não vingaram. O fato é respaldado pelos dados dos autores que demonstram o colapso do grão de pólen quando submetido à elevada umidade, não conseguindo emitir o tubo polínico.

Na cultura do maracujazeiro-azedo, o esforço de polinização manual se concentra no período da tarde quando da antese da flor. Apesar do tempo entre a antese e o fechamento da flor ser de 12 horas o período útil para efetivar a polinização é de apenas 5 horas. Após esse período as flores passam por pequeno murchamento e mudança na coloração das pétalas e sépalas (SIQUEIRA et al., 2009).

2.6 AUTO-INCOMPATIBILIDADE

O maracujazeiro é uma planta geralmente alógama, ou seja, apresenta mecanismos que dificultam a autofecundação como a heteroestilia e a auto-incompatibilidade (AI). A heteroestilia é caracterizada pela diferença de tamanho do androceu e o gineceu e conseqüentemente da disposição dos estames e dos pistilos de forma a dificultar a autopolinização. A auto-incompatibilidade é um mecanismo fisiológico onde uma planta fértil monóica é incapaz de produzir zigotos quando polinizada com o seu pólen devido a impedimentos da germinação do grão de pólen no estigma ou ao rompimento do tubo polínico no estilete (HESLOP-HARRISON, 1983; SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2002).

Os mecanismos de auto-incompatibilidade contribuíram e contribuem para a grande variabilidade genética existente nas Angiospermas, porém, para fins produtivos, representam um gargalo pelo fato de ocasionar ineficiência produtiva quando comparadas a plantas autocompatíveis. Em 316 espécies pesquisadas por Sutherland e Delph (1984) a média de formação de frutos foi de 72,5% em espécies autocompatíveis enquanto as autoincompatíveis apresentaram índices de 22,1%.

A auto-incompatibilidade (AI) pode ser de dois tipos: esporofítica e gametofítica. A AI esporofítica está relacionada ao esporófito (à planta). Nela estão presentes proteínas traduzidas a partir dos dois genes do locus S, ou seja, o produto dos dois genes do locus está presente no grão de pólen. Já na AI gametofítica, dentro do pólen há apenas proteínas traduzidas a partir de um gene do locus S. Outra diferença marcante é o fato de os genes do locus S apresentarem dominância na AI esporofítica, enquanto que na AI gametofítica não apresentam (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2002).

Na prática, na AI gametofítica, o tubo polínico só cresce e fecunda o óvulo se o alelo S do grão de pólen for diferente dos alelos S presentes no pistilo da flor a ser fecundada. Nesta reação a incompatibilidade ocorre entre o tubo polínico e o estilete (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2002). Enquanto que na AI esporofítica o tubo polínico só cresce e fecunda o óvulo quando for diferente e apresentar dominância em relação aos genes presentes no carpelo da planta mãe (BUENO, 2006).

Na Tabela 1, é exemplificado o mesmo cruzamento em sistemas de AI diferentes. No cruzamento onde há AI gametofítica, o grão de pólen precisa ter gene S diferente do carpelo para ocorrer a fecundação. Caso possua gene igual a um dos locus S do carpelo haverá insucesso na fecundação. Já no cruzamento envolvendo AI esporofítica o pólen tem dois genes S, porém apenas o dominante é funcional (no caso S1), supondo que a relação de dominância seja S1>S2>S3, portanto S1 é dominante em relação aos dois genes do locus S do carpelo, havendo polinização bem sucedida.

Tabela 1. Exemplo de cruzamento envolvendo auto-incompatibilidade esporofítica e gametofítica.

Tipo de AI	Cruzamento	Genética do Pólen	Genética do Carpelo	Resultado da Polinização
gametofítica	S1S2 x S2S3	S1	S2S3	fecundação
		S2	S2S3	insucesso
esporofítica	S1S2 x S2S3	S1S2	S2S3	fecundação
			S2S3	fecundação

No maracujazeiro azedo *P. edulis* Sims, há AI esporofítica (BRUCKNER et al., 1995) associada a um gene relacionado ao sistema gametófito (configurando AI gametofítica) capaz de influenciar na relação de compatibilidade (SUASSUNA et al., 2003).

De modo prático, é necessário que haja diversidade genética no pomar. Para o melhorista, este fenômeno deve ser considerado no processo de formação de cultivares, levando à necessidade de formar cultivares que possuam variabilidade de genes no locus S (BRUCKNER et al., 2005).

É possível ocorrer superação da AI de forma bem prática através da utilização de pólen velho, polinização das flores na fase de botão floral e realização de duas polinizações com 4 horas de diferença entre elas (RICHARDS, 1997; FERNANDES et al., 1996). Tais técnicas são úteis nos programas de melhoramento com a finalidade de obtenção de linhagens puras.

Em nível de produção, pode ser que a autocompatibilidade permita maiores produtividades através da maior eficiência na formação de frutos após a polinização artificial ou natural. Além de mutantes autocompatíveis de *P. edulis* Sims encontrados na natureza, existe a opção de utilizar a variabilidade genética existente no gênero *Passiflora* através de espécies autocompatíveis como: *P. tenuifila*, *P. elegans*, *P. capsularis*, *P. villosa*, *P. suberosa* e *P. foetida* (JUNQUEIRA et al., 2005).

2.7 POLINIZAÇÃO

A produtividade da cultura do maracujazeiro está intimamente ligada à eficiência da polinização, pois para a polpa ser formada no arilo é necessário que o grão de pólen de uma planta seja depositado nos estigmas de outra planta compatível para fecundar o óvulo e iniciar a formação do fruto. Uma polinização eficiente necessita fecundar a maior quantidade de óvulos possível. O fruto de *P. edulis* possui em média 300 sementes, cada uma depende de um grão de pólen para ser formada (CAMILLO, 2003; SIQUEIRA et al, 2009). Melo et al. (2014) observaram que para o vingamento do fruto são necessários pelo menos 100 grãos de pólen, sendo que quanto maior a quantidade de pólen compatível depositado no estigma, maior é o crescimento dos frutos com maior número de sementes e rendimento de polpa.

Devido ao fato de o *P. edulis* Sims possuir auto-incompatibilidade esporofítica e gametofítica a polinização precisa ser cruzada, ou seja, entre indivíduos diferentes, o que aumentam as chances de compatibilidade entre as plantas. A polinização pode ocorrer de

forma natural, onde o principal agente são abelhas de grande porte, e artificial, conduzida pela ação humana (SUASSUNA et al., 2003).

Dependendo da espécie podem contribuir para a polinização aves, mamíferos e insetos, sendo as mais marcantes as abelhas do gênero *Xylocopa*. São abelhas de grande porte e hábito solitário. O tamanho destas abelhas as torna capazes de polinizar as flores de maracujá, em virtude da distância entre os estigmas e os nectários enquanto que as abelhas menores como a *Apis melifera* apresentam dificuldade de realizar a polinização (YAMASHIRO, 1981; CAMILLO, 2003).

Além da população das abelhas capazes de polinizar as flores de maracujazeiro estar cada vez menor devido ao desmatamento e utilização indiscriminada de inseticidas, a sua eficiência de polinização em muitos casos é reduzida. A utilização da polinização artificial é uma prática necessária para a obtenção de grandes produtividades por alcançar eficiências na polinização de até 85% com frutos de melhor qualidade que os produzidos por polinização natural (CARVALHO; TEÓFILO-SOBRINHO, 1973; CAMILLO, 2003).

Vários trabalhos foram realizados com a finalidade de comprovar a necessidade da polinização artificial também chamada de polinização manual. Eficiências da polinização natural variam de 3,6 a 16,4% enquanto que a eficiência da polinização artificial varia de 50,8 a 85,7%, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Eficiência da polinização natural e artificial em *P. edulis* Sims, Planaltina-DF, 2018.

Tipo de Polinização	Eficiência	Referência
Natural	3,6%	Carvalho e Teófilo (1973)
	7,5%	Yamashiro (1981)
	12,0%	Grisi Jr. (1973)
	0,0 % período chuvoso 9,4% período seco	Siqueira et al. (2009)
	16,4%	Viana et al. (2014)
Artificial / Manual	50,8%	Yamashiro (1981)
	79,0%	Grisi Jr. (1973)
	85,7%	Carvalho e Teófilo (1973)
	63,0% e 74,0%	Siqueira et al. (2009)
	51,6%	Viana et al. (2014)

É possível fazer a polinização artificial de flores de maracujazeiro a partir da coleta de pólen de diferentes plantas preferencialmente distantes uma das outras para posterior polinização com movimentos ascendentes nos estigmas das flores a serem polinizadas, ou ainda transferindo pólen de plantas de uma fileira para outra. Nesse aspecto é interessante que as fileiras não sejam instaladas muito distantes umas das outras para maior eficiência da operação. Geralmente a técnica é realizada com as mãos sem utensílios, porém também há a utilização de dedais de tecido e espátulas com as extremidades envolvidas por tecidos (CAMILLO, 2003).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, D. R. D.; SANTOS, C. C. F. Importância econômica e mercado. In: BRUCKNER, C. H.; PIÇANHA, M. C. (Ed.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 9-32.

AKAMINE, E.K.; GIROLAMI, G. **Pollination and fruit set in the yellow passion fruit**. Havai, EUA: University of Hawaii, 1959. 44p.

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York: J. Wiley, 1966. 485p.

BEAL, P.R. Hybridization of *Passiflora edulis* Sims and *P. edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v.32, n.1, p.101-111, 1975.

BLONDEAU, J.P.; BERTIN, Y. Carences minerals chez la grenadille (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa*). I- Carences totales en N, P, K, Ca, Mg. Croissance et développement. **Fruits**, v.33, n.6, p.433- 443, 1978.

BLONDEAU, J.P.; BERTIN, Y. Carences minerals chez la grenadille (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa*). III- Carences partielles en N, P, K, Ca, Mg. Croissance et développement. **Fruits**, v.35, n.6, p.361- 367, 1980.

BRUCKNER, C.H. **Auto-incompatibilidade no maracujá** (*Passiflora edulis* Sims). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 85p. Tese de Doutorado.

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

BRUCKNER, C.H.; SUASSUNA, T.M.F.; RÊGO, M.M.; NUNES, E.S. Auto-incompatibilidade do maracujá – implicações no melhoramento genético. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 316-338.

BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999a. 546 p.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999b. 817 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 7.ed. Viçosa: UFV, 2017. 543 p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 319.

CANÇADO JÚNIOR, F.L.; ESTANISLAU, M.L.L.; PAIVA, B.M. Aspectos econômicos da cultura do maracujá, situação da cultura do maracujazeiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.21, n.206, p. 10-17, 2000.

CARVALHO, A. M.; TEÓFILO, S. Efeito nocivo de *Apis mellifera* L. na produção do maracujazeiro. In: **II Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa. Anais do **II Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, p. 421-424, 1973.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE R. A. **Ecofisiologia de fruteiras tropicais: abacaxizeiro, maracujazeiro, mangueira, bananeira e cacauzeiro**. Rio de Janeiro: NBL Editora, 1997. 121 p.

CAMILLO, E. **Polinização do Maracujá**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2003, 44 p.

CAVICHIOLO, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A.; PAULO, E. M.; FAGUNDES, J. L.; KASAI, F. S. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 92-96, 2009.

CERVI, A.C. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora*. **Fontqueria**, v. 45, n.1, p.1-92, 1997.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

DEGENER, O. *Passiflora edulis*. **Flora Hawaiiensis**, Honolulu, Family 250, 1932. 111p.

EMBRAPA. **Cultivares de maracujá da Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/ produtos-e-mercado/maracuja>. Acessado em 10 de abril de 2018.

ESASHIKA, D. A. S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Características físicas dos frutos de maracujazeiro-azedo cv. BRS Gigante Amarelo produzidos por flores com três e quatro carpelos. Resumos do encontro de iniciação científica da Embrapa Cerrados: Jovens Talentos 2017. **Documentos (Embrapa Cerrados)**, v.343, 77 p., 2017.

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

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Passion fruit (*Passiflora* spp.) improvement using wild species. In: MARIANTE, A.S.; SAMPAIO, M.J.A.; INGLIS, M.C.V. **The state of Brazil's plant genetic resources. Second National Report. Conservation and Sustainable Utilization for food and agriculture**. Brasília, DF: Embrapa Technological Information, 2009. p. 101-106.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; PEIXOTO, J.R. Pré-melhoramento do maracujá. In: LOPES, M.A.; FAVERO, A.P.; FERREIRA, M.A.J.F.; FALEIRO, F.G.; FOLLE, S.M.; GUIMARÃES, E.P. (Eds.) **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 550-570.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; COSTA, A.M. Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (*Passiflora* spp.). **Documentos (Embrapa Cerrados)**, v. 329, 26p., 2015.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; JESUS, O.N.; COSTA, A.M.; MACHADO, C.F.; JUNQUEIRA, K.P.; ARAÚJO, F.P.; JUNGHANS, T.G. Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. In: JUNGHANS, T.G.; JESUS, O.N. (Eds.) **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.15-37.

FERNANDES, A.A.; RÊGO, M.M.; RUCKNER, C.H.; PEREIRA, K.J.C.; RANGEL, A.R.P. Comparação entre técnicas de auto-fecundação em maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*). In: XIX Congresso Brasileiro de Fruticultura, Curitiba. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Curitiba, 1996. p.334.

FERREIRA, F. R. Recursos Genéticos de Passiflora. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005, p. 41- 51.

FLORA DO BRASIL. *Passiflora* in Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

GONTIJO, G.M.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Produção de maracujazeiro azedo cultivado em estufa e em espaçamento adensado: resultados de unidades de observação Emater-Embrapa no Distrito Federal. In: XXIV Congresso Brasileiro de Fruticultura, São Luís. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, São Luís, 2016. p.400.

GRISI, J. C. Falta de polinização, a principal causa da queda excessiva de flores nos maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) na região de Votuporanga. In: II Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, 1973. p. 433-436.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; BORDUCHI, A.S.; SARRUGE, J.R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.30, p 267-279, 1973.

HESLOP-HARRISON, J. Self-incompatibility: phenomenology and physiology. **Proceedings of the Royal Society of London**, v.218, p.371-395, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal – Culturas Temporárias e Permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2013/pam2013.pdf. Acesso em: 21 nov. 2016.

JESUS, O.N.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; GIRARDI, E.A.; ROSA, R.C.C.; PETRY, H.B. Cultivares comerciais de maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) no Brasil. JUNGHANS, T.G.; JESUS, O.N. (Eds.) **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.39-58.

JUNQUEIRA, N. T. V.; VERAS, M.C. M.; CHAVES, E. C. Manejo da floração do Maracujazeiro. **Recomendação Técnica**, Embrapa, Brasília, v.45, p.1-3, 2001.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81 -108.

JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Uso de espécies silvestres de *Passiflora* no pré-melhoramento do maracujazeiro. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G. (Ed). **Curso Internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2006. p. 133-137.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ZACHARIAS, A. O.; JUNQUEIRA, L. P.; CAMPOS NETO, F. C. C. Polinização Natural e Manual. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA,

N.T.V. (Eds.). **Maracujá – coleção 500 perguntas, 500 respostas**. Brasília: Embrapa, 2016. 348 p.

KILLIP, E.P. The American species of Passifloraceae. **Publ. Field Mus. Nat. Hist. Bot.**, v. 19, p. 1- 613, 1938.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

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, e-477, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452016000400804&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2018.

MELETTI, L.M.M. **Maracujá: produção e comercialização no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, (Boletim Técnico, 158), 1995. 22p.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MELETTI, L. M. M.. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 83-91, 2011.

MELO, G. A. R.; VARASSIN, I. G.; VIEIRA, A. O. S.; MENEZES JÚNIOR, A. M.; LOWENBERG NETO, P.; BRESSAN, D. F.; ELBL, P. M.; MOREIRA, P. A.; OLIVEIRA, P. C.; ZANON, M. M. F.; ANDROCIOLI, H. G.; XIMENES, B. M. S.; ALVES, D. S. M.; CERVIGNE, N. S.; PRADO, J.; IDE, A. K. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C (coord.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 207-254.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; DOWLING, A. J. Water relations in passionfruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. **Scientia Horticulturae**, v.29, p.239-249, 1986.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R. Effect of continuous shading on growth, flowering and nutrient uptake of passionfruit. **Scientia Horticulturae**, v.35, p.77-78, 1988.

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

OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Espécies de maracujá com potencial agrônômico. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina,DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 143-158.

PIZA JÚNIOR, C. T. **A cultura do maracujá**. Campinas: CATI, 1991. 71p.

RICHARDS, A.J. **Plant breeding systems**. London: Chapman and Hall, 1997. 529 p.

RUGGIERO, C. **Estudos sobre floração e polinização do maracujá amarelo**. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP, 1973. f.92. Tese de Doutorado.

RUGGIERO, C.; LAM-SANCHEZ; CARVALHO, R. P. L. Ocorrência de diversos tipos de flores de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Científica**, v. 4, n.1, p. 82-86, 1976.

RUGGIERO, C. Alguns fatores que podem influir na frutificação. In: RUGGIERO, C. **Maracujá**. Ribeirão Preto: Editora Legis Summa, 1987. 250 p.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 1083-1090, 2002.

SIMS, J. *Passiflora edulis*. **Bot. Mag.**, Londres, v. 45, p. 50-57, 1818.

SIQUEIRA, K. M. M.; KILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009.

SOUZA, J.S.I.; MELETTI, L.M.M. **Maracujá: espécies, variedades, cultivo**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 179p.

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

SUTHERLAND, S.; DELPH, L. On the importance of male fitness in plants. **Ecology**, v.65, p.1093-1104, 1984.

THE PLANT LIST. **The Plant List**. V. 1.1, 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

TEIXEIRA, C. G. I. Maracujá. In: Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Maracujá**. 2^a ed. Campinas: ITAL, (Série Frutas Tropicais, 9), 1994. p 1-142.

VIANA, B. F.; SILVA, F. O.; ALMEIDA, A. M. Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C (coord.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 207-254.

YAMASHIRO, T. Comparação de dois métodos de polinização artificial do maracujazeiro amarelo – *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa*. In: VI Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, 1981, p. 990-994.

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

CAPÍTULO 1 - MORFOMETRIA FLORAL DE ACESSOS DE PASSIFLORA, SUA ASSOCIAÇÃO COM AGENTES POLINIZADORES E USO NO PRÉ-MELHORAMENTO

RESUMO

A variabilidade presente na morfologia floral de maracujazeiros pode ser uma importante fonte de características a serem agregadas em cultivares comerciais e para isto é necessário a caracterização das diferentes espécies. Neste trabalho, objetivou-se caracterizar os acessos do Banco de Germoplasma Flor da Paixão quanto à sua morfologia floral. Foram avaliadas as características: altura do androginóforo, comprimento do filete, comprimento da antera, comprimento do estilete, diâmetro do ovário, altura do ovário e diâmetro da flor. Tais características foram avaliadas em 9 flores de 23 acessos do gênero *Passiflora*, utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado. Foi realizada a análise de variância e as médias foram agrupadas utilizando o teste de Scott Knott a 1% de probabilidade. Foi estimada a distância genética entre os acessos com base na distância generalizada de Mahalanobis. A partir da matriz de distâncias, foram realizadas análises de agrupamento e gerados gráficos de dispersão dos acessos. Foram observadas diferenças estatísticas entre os acessos em todas as características avaliadas. As características que mais contribuíram para a divergência genética dos acessos analisados foram a altura do androginóforo e o diâmetro da flor, enquanto que as características com menor contribuição foram o comprimento do filete e o diâmetro do ovário. No dendograma e gráfico de dispersão observou-se a tendência de formação de três grupos relacionados com a altura do androginóforo e a coloração predominante das flores (vermelha, roxa ou branca). A caracterização morfométrica baseada em características florais contribui para a diferenciação fenotípica dos 23 acessos de *Passiflora* spp. sendo um importante instrumento na quantificação da variabilidade genética que é a base dos programas de melhoramento.

Palavras-chave: *Passiflora* spp., biologia floral, pré-melhoramento.

ABSTRACT

FLORAL MORPHOMETRY OF PASSIFLORA ASSESSIONS, ITS ASSOCIATION WITH POLINATING AGENTS AND PRE-BREEDING USING

The variability present in the floral morphology of passion fruit may be an important source of characteristics to be aggregated in commercial cultivars, for which it is necessary to characterize the different species. This work aims to characterize the accesses of the Germoplasma Bank “Flor da Paixão” regarding its floral morphology. The characteristics were evaluated: androgynophore height, fillet length, anther length, stylet length, ovary diameter, ovary height and flower diameter. These characteristics were evaluated in 9 flowers from 23 accessions of the genus *Passiflora*, using a completely randomized design. The variance analysis were performed and the means were grouped using the Scott Knott’s test at 1% of probability. The genetic distance between the accessions was estimated based on the generalized distance of Mahalanobis. From the distance matrix, cluster analyzes were carried out and dispersion accessions graphs were generated. Statistical differences were observed among the accesses in all evaluated characteristics. The characteristics that most interfered in the genetic variability were the height of the androgynophore and the diameter of the flower, whereas the characteristics with less influence were the length of the fillet and the diameter of the ovary. In the dendogram and dispersion graph, the trend of three groups related to androgynophore height and predominant coloration of the flowers (red, purple or white) was observed. The morphometric characterization based on floral characteristics contributes to the phenotypic differentiation among the 23 accessions of *Passiflora* spp. being an important instrument in the quantification of the variability, that is the basis of breeding programs.

Keywords: *Passiflora* spp., floral biology, pre-breeding.

1.1 INTRODUÇÃO

A caracterização de recursos genéticos é uma importante etapa no programa de melhoramento genético, viabilizando o uso eficiente dos genótipos na geração de novas variedades para o sistema produtivo (ALLARD, 1966; OLIVEIRA; RUGGIERO; 2005; FALEIRO et al., 2008; CERQUEIRA-SILVA et al., 2016). Neste âmbito, os bancos ativos de germoplasma (BAGs) possuem papel relevante ao facilitar a caracterização de acessos de diferentes regiões geográficas mantidos em um mesmo ambiente (BORÉM; MIRANDA, 2005; BUENO et al., 2006; FALEIRO et al., 2011a; 2011b).

Apesar dos benefícios proporcionados pelos BAGs, é verificada uma limitação no uso dos seus acessos nos programas de melhoramento genético. Entre as causas deste fato pode-se citar a escassez de informações sobre determinadas características desses acessos, o que dificulta a integração destes recursos genéticos nos programas de melhoramento genético (FRANKEL; BROWN, 1984; FALEIRO et al., 2006; FALEIRO et al., 2011b). No caso das passifloras, tem sido preconizado que o uso da variabilidade genética intra e interespecífica proveniente de acessos de BAGs pode auxiliar na resolução dos principais entraves produtivos da cultura (MELETTI; BRUCKNER, 2001; FALEIRO et al., 2005; JUNQUEIRA et al., 2006).

Faleiro e Junqueira (2009), Faleiro et al. (2011b) e Faleiro et al. (2015) relatam o uso de várias espécies em programas de melhoramento para fornecimento de genes de resistência a doenças, autocompatibilidade, insensibilidade ao fotoperíodo para produção na entressafra, tolerância ao frio, tolerância ao estresse hídrico, flores com androginóforo mais curto para permitir a polinização por pequenas abelhas, além de melhores propriedades físicas, químicas e sensoriais dos frutos. Além de conhecer essas espécies, são necessários estudos sobre compatibilidade genética, índices de cruzabilidade, período da antese, período da viabilidade de pólen e da receptividade do estigma para permitir a obtenção de híbridos férteis e promissores, por meio de cruzamentos artificiais controlados (JUNQUEIRA et al., 2008, FALEIRO et al., 2011b; FALEIRO et al., 2015).

Em termo de caracterização de acessos, a flor do maracujazeiro recebe especial atenção devido à fatores como: diversidade do gênero *Passiflora* quantos às características florais; o fato de ser uma estrutura de grande efeito ornamental; a associação da morfologia e cor da flor com os agentes polinizadores; e ser a estrutura que gerará o fruto (CERVI, 1997;

COPPENS D'EECKENBRUGGE, 2003). A análise morfométrica da flor é uma importante ferramenta para quantificar a variabilidade genética do acervo com celeridade (CRUZ; CARNEIRO, 2006) diante da realidade apontada por Faleiro et al. (2006) de que a caracterização, a domesticação e o uso de novas espécies são fortes demandas de pesquisa sobre a cultura.

Pelos fatos apontados acima, o estudo das características florais das diferentes espécies de maracujazeiros é importante para a caracterização da variabilidade genética disponível e para a formação de cultivares com características inovadoras e que venham suprir as necessidades do sistema produtivo e do mercado consumidor. Neste trabalho, objetivou-se caracterizar acessos de passifloras quanto a sua morfologia floral e analisar a variabilidade genética destes acessos a fim de fundamentar a utilização de novos genótipos nos programas de melhoramento genético do maracujazeiro.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos de 2015 e 2016 na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, em região inserida no domínio morfoclimático do Cerrado com clima do tipo Aw Tropical segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014).

Foram avaliados 23 acessos do gênero *Passiflora* mantidos no Banco de Germoplasma Flor da Paixão, inaugurado em maio de 2008 na Embrapa Cerrados. Neste ambiente, os maracujazeiros foram cultivados em vasos de 30 litros seguindo as recomendações técnicas para a cultura do maracujazeiro (SANZONOWICZ et al., 2000; JUNGHANS; JESUS, 2017), sendo que cada acesso foi conservado em três vasos com uma ou duas plantas por recipiente. As plantas foram propagadas vegetativamente por estaquia.

As características analisadas foram: altura do androginóforo, comprimento do filete, comprimento da antera, comprimento do estilete, diâmetro do ovário, altura do ovário e diâmetro da flor. As medidas foram mensuradas em centímetros com auxílio de um paquímetro digital. O experimento foi realizado em Delineamento Inteiramente Causalizado em que 9 flores foram avaliadas para cada um dos 23 acessos (Tabela 1.1). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 1% de probabilidade (SCOTT; KNOTT, 1974). O modelo estatístico da análise de variância realizada foi o $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$, onde: Y_{ij} = corresponde ao valor observado na unidade experimental do tratamento i e repetição j ; μ = a média geral; t_i = efeito de tratamento; e_{ij} = erro aleatório (resíduo).

Foram calculados os coeficientes de variação genético (CVg), de variação experimental (CVe), as relações entre CVg e CVe (CVr) e as estimativas de herdabilidade ao nível da média (h^2_a) com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2013).

Foram estimadas as distâncias genéticas entre os acessos com base na distância generalizada de Mahalanobis. A partir da matriz de distâncias, foram realizadas análises de agrupamento, por meio de dendograma, utilizando como critério de agrupamento o método hierárquico aglomerativo da média aritmética não ponderada entre pares (UPGMA) (SNEATH; SOKAL, 1973). O método das coordenadas principais foi utilizado na geração de gráfico de dispersão dos acessos a partir de escalas multidimensionais com o auxílio dos programas estatísticos SAS (SAS INSTITUTE INC., 2008) e Statistica (STATSOFT INC., 1999).

Foi calculada também a contribuição relativa dos caracteres avaliados quanto à diversidade genética (CRDG) utilizando o método de Singh (SINGH, 1981) com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2013).

Tabela 1.1. Acessos do gênero *Passiflora* do Banco de Germoplasma Flor da Paixão avaliados, Planaltina- DF, 2015-2016.

Nome Científico	Código do Acessos
<i>P. amethystina</i> J. C. Mikan	CPAC MJ-13-05, CPAC MJ-13-07, CPAC MJ-13-08 e CPAC MJ-13-09
<i>P. coccinea</i> Aubl.	CPAC MJ-08-01 e CPAC MJ-08-05
<i>P. edulis</i>	CPAC MJ-21-06
<i>P. foetida</i> L.	CPAC MJ-28-04
<i>P. gardneri</i> Mast.	CPAC MJ-39-04
<i>P. malacophylla</i> Mast.	CPAC MJ-43-02
<i>P. micropetala</i> Mart.	CPAC MJ-41-01
<i>P. miersii</i> Mart.	CPAC MJ-34-01
<i>P. organensis</i> Gardner	CPAC MJ-51-01 e CPAC MJ-51-02
<i>P. quadriglandulosa</i> Rodschied	CPAC MJ-62-01
<i>P. rubra</i> L.	CPAC MJ-69-01
<i>Passiflora</i> sp.	CPAC MJ-1
<i>P. suberosa</i> L.	CPAC MJ-35-01S e CPAC MJ-35-01
<i>P. tholozanii</i> Sacco	CPAC MJ-65-02
<i>P. coccinea</i> X <i>P. setacea</i>	CPAC MJ-H-36
<i>P. eichleriana</i> x <i>P. giberti</i>	CPAC MJ-23-01
<i>P. speciosa</i> X <i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-H-52

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença estatística significativa nas análises de variância realizadas evidenciando a diversidade genética entre as espécies do gênero *Passiflora* com relação aos caracteres de morfologia de flores avaliados (Tabela 1.2). Tal diversidade é esperada pelo fato de vários acessos serem de diferentes espécies e pelo fato desta diversidade ter sido relatada por outros autores como Faleiro et al. (2004), Ganga et al. (2004), Viana et al. (2006), Tangarife et al. (2009), Viana et al. (2010), Ocampo et al. (2013) e Paiva et al. (2014). É necessário considerar que as diferenças observadas entre os acessos podem ser efeito do ambiente ocorrendo plasticidade fenotípica (PIGLIUCCI, 2001) já que diversas espécies foram avaliadas fora do seu local de origem e em condições edafoclimáticas diferentes das quais tais espécies evoluíram (WUND, 2012; SCHLICHTING; WUND, 2014).

Baseado no valor de F, a precisão experimental obtida foi adequada já que segundo Resende e Duarte (2007) valores superiores a 5,0 são adequados para os experimentos de avaliação de genótipos. A precisão experimental é reforçada pelos valores do coeficiente de variação experimental (C_{Ve}) próximos a 10% (Tabela 1.2.) (RESENDE; DUARTE, 2007). Tais valores podem ser explicados pelo ambiente relativamente homogêneo mantido na casa de vegetação e pelo fato das flores avaliadas para cada acesso serem da mesma planta matriz ou de clones obtidos por estaquia.

A elevada variância genotípica é confirmada pelos valores de outras estimativas como o coeficiente de variação genético (C_{Vg}), a relação C_{Vg}/C_{Ve} (C_{Vr}), herdabilidade (h^2_{α}) (Tabela 1.2.), a qual é considerada elevada quando igual ou superior à 0,60 segundo Resende e Duarte (2007). Assim, pode-se inferir que a avaliação das características apresentou boa acurácia, o que é importante para processos de seleção e melhoramento genético (VENCOVSKY, 1987; RESENDE, 2002).

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott revelou diferenças significativas entre os acessos para todas as características avaliadas. Foram formados de 5 a 10 grupos de médias dentro de cada característica, sendo que o menor deles (5 grupos) foi formado para a característica de diâmetro do ovário e o maior (10 grupos) para a característica de altura do androginóforo (Tabela 1.2.).

Tabela 1.2. Médias, estimativas de herdabilidade ao nível da média (h^2_a), coeficientes de variação genético (CVg), coeficientes de variação experimental (CVe), coeficientes da razão CVg/ CVe (CVr) do comprimento do androginóforo, do filete, da antera, do estilete, do diâmetro do ovário, da altura do ovário e do diâmetro da flor de 23 acessos do gênero *Passiflora* do Banco de Germoplasma Flor da Paixão da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2015-2017.

Espécie	Acesso	Androgi- nóforo (cm)	Filete (cm)	Antera (cm)	Estilete (cm)	Ø Ovário (cm)	Altura do ovário (cm)	Ø Flor (cm)
<i>Passiflora coccinea</i>	CPAC MJ-08-01	3,52 a	1,11 c	0,99 b	1,34 c	0,43 b	0,62 c	11,85 b
<i>P. tholozanii</i>	CPAC MJ-65-03	3,58 a	1,20 b	0,95 b	1,73 a	0,50 a	0,90 a	13,89 a
<i>P. coccinea</i> x <i>P. setacea</i>	CPAC MJ-H-36	3,48 a	1,38 a	0,97 b	1,65 a	0,41 b	0,82 a	12,38 b
<i>P. speciosa</i> x <i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-H-52	3,45 a	1,49 a	0,99 b	1,80 a	0,46 a	0,87 a	13,99 a
<i>P. quadriglandulosa</i>	CPAC MJ-62-01	3,10 b	0,92 c	0,70 e	0,97 e	0,38 b	0,64 c	10,97 c
<i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-08-05	3,53 a	1,00 c	1,00 b	1,54 b	0,47 a	0,72 b	13,37 a
<i>P. miersii</i>	CPAC MJ-34-01	1,77 c	0,83 d	1,18 a	1,18 d	0,27 c	0,51 e	5,08 g
<i>P. amethystina</i>	CPAC MJ-13-07	1,55 d	0,99 c	1,03 b	1,70 a	0,41 b	0,86 a	8,41 d
<i>P. gardneri</i>	CPAC MJ-39-04	1,53 d	0,84 d	0,84 d	1,35 c	0,37 b	0,60 c	6,84 f
<i>P. amethystina</i>	CPAC MJ-13-09	1,53 d	0,92 c	0,89 c	1,58 b	0,34 b	0,83 a	7,47 e
<i>P. edulis</i>	CPAC MJ-21-06	1,49 d	0,92 c	0,96 b	1,5 b	0,52 a	0,53 e	7,69 e
<i>P. foetida</i>	CPAC MJ-28-04	1,80 c	0,78 d	0,80 d	0,82 f	0,35 b	0,55 d	7,32 e
<i>P. eichleriana</i> x <i>P. giberti</i>	CPAC MJ-23-01	1,33 e	0,79 d	0,75 d	1,40 c	0,34 b	0,57 d	7,34 e
<i>P. amethystina</i>	CPAC MJ-13-08	1,20 f	0,93 c	0,87 c	1,42 c	0,40 b	0,73 b	7,52 e
<i>P. amethystina</i>	CPAC MJ-13-05	1,05 g	0,99 c	0,69 e	1,24 d	0,39 b	0,74 b	6,39 f
<i>P. malacophylla</i>	CPAC MJ-43-02	0,99 g	0,62 e	0,61 e	1,21 d	0,39 b	0,50 e	7,81 e
<i>P. organensis</i>	CPAC MJ-51-02	0,92 g	0,47 e	0,23 h	0,52 g	0,21 d	0,25 g	3,96 h
<i>Passiflora</i> sp.	CPAC MJ-1	0,84 h	0,47 e	0,39 g	0,76 f	0,20 d	0,28 g	4,73 g
<i>P. micropetala</i>	CPAC MJ-41-01	0,83 h	0,49 e	0,48 f	0,95 e	0,29 c	0,31 f	5,11 g
<i>P. rubra</i>	CPAC MJ-69-01	0,72 i	0,50 e	0,20 h	0,61 g	0,27 c	0,48 e	4,23 h
<i>P. organensis</i>	CPAC MJ-51-01	0,71 i	0,37 f	0,33 g	0,57 g	0,20 d	0,35 f	4,26 h
<i>P. suberosa</i>	CPAC MJ-35-01S	0,40 j	0,31 f	0,20 h	0,40 h	0,15 e	0,20 h	2,21 i
<i>P. suberosa</i>	CPAC MJ-35-01	0,40 j	0,29 f	0,19 h	0,31 h	0,13 e	0,14 h	2,00 i

Continuação...

Média	1,46	0,75	0,66	1,09	0,33	0,53	6,84
QM	3,70*	0,32*	0,29*	0,63*	0,04*	0,15*	38,96*
Teste F	993,24	40,06	131,43	150,33	43,18	158,83	451,03
h^2_a (%)	99,89	97,50	99,24	99,33	97,68	99,37	99,78
CVg	64,33	40,05	44,13	39,62	31,72	40,17	47,36
CVe	3,54	11,09	6,69	5,61	8,46	5,54	3,87
CVr	18,18	3,61	6,59	7,06	3,75	7,25	12,25
CRDG¹ (%)	52,81	1,18	3,51	3,99	1,45	12,11	24,91

¹ Contribuição Relativa para a Diversidade Genética, pelo método de Singh (1981).

* Significativo pelo teste de Scott -Knott a 1%.

A altura média do androginóforo foi de 1,46 cm variando de 0,4 cm (*P. suberosa*, CPAC MJ-35-01S) à 3,58 cm (*P. thozolanii*, CPAC MJ-65-03), sendo formados 10 grupos de médias (Tabela 1.2.). Esta altura média é próxima da altura de 1,49 cm apresentado pelo acesso CPAC MJ-21-06 de *P. edulis* (espécie de maracujazeiro azedo) avaliado neste experimento. Cobra et al. (2005) relata que alturas do androginóforo entre 0,80 cm e 0,84 cm são comumente encontradas nas cultivares comerciais de *P. edulis*. A redução da altura do androginóforo é uma característica importante para o melhoramento genético, tendo em vista a possibilidade de insetos menores que a mamangava (*Xylocopa* spp., principal polinizador natural do maracujazeiro azedo) realizarem com eficiência a polinização cruzada (FALEIRO; JUNQUEIRA, 2009; FALEIRO et al. 2011b; FALEIRO et al., 2015).

O comprimento médio do filete foi de 0,75 cm apresentando variação de 0,29 cm observado em *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) à 1,49 cm observado no híbrido de *P. speciosa* x *P. coccinea* (CPAC MJ-H-52) (Tabela 1.2.). Foram formados seis grupos de médias pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

A maior média para comprimento da antera (1,18 cm) foi encontrada em *P. miersi* (CPAC MJ-34-01) enquanto que a menor média foi de 0,19 cm da *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) (Tabela 1.2.). A média do comprimento das anteras foi de 0,66 cm e foram formados oito grupos no teste de agrupamento de médias. O comprimento médio do estilete foi de 1,09 cm, com valores entre 0,31 cm e 1,80 cm apresentados pela *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) e pelo híbrido *P. speciosa* x *P. coccinea* (CPAC MJ-H-52), respectivamente (Tabela 1.2.).

A média do diâmetro do ovário foi de 0,33 cm, variando de 0,13 cm em *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) e 0,52 cm em *P. edulis* (CPAC MJ-21-06). Foram formados cinco grupos no teste de agrupamento de médias (Tabela 1.2.). Quanto à altura do ovário, foram formados oito grupos e a média dos tratamentos foi de 0,53 cm, com variação entre 0,13 cm para *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) e 0,90 cm para *P. thozolanii* (CPAC MJ-65-03) (Tabela 1.2.).

O diâmetro médio das flores foi de 6,84 cm, sendo que a maior média foi observada na espécie *P. thozolanii* (CPAC MJ-65-03) com 13,99 cm e a menor média foi de 2,00 cm na espécie *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) (Tabela 1.2.).

Os caracteres que apresentaram os maiores índices de contribuição relativa para a diversidade genética (CRDG), de acordo com o método de Singh (1981), foram a altura do androginóforo (52,81%) e o diâmetro da flor (24,91%). Os caracteres com menores valores para a CRDG foram o comprimento do filete (1,18%) e o diâmetro do ovário (1,45%) (Tabela

1.2.). Na literatura não há homogeneidade de características com maior contribuição na variabilidade genética entre acessos do gênero *Passiflora*, havendo alterações de acordo com as espécies e a gama de caracteres avaliados.

Oliveira et al (2017), avaliando sete características florais de 15 acessos do gênero *Passiflora*, encontraram que a característica que mais contribuiu para a variabilidade foi a altura do ovário com 25,14 %, seguida pelo comprimento do pedicelo de 20,07%. Destaca-se a baixa contribuição do diâmetro do ovário (5,01%) e do comprimento da antera (5,28%), que na atual pesquisa também apresentaram baixa participação na variabilidade genética.

Lawinsky et al. (2014), avaliando a diversidade entre acessos de *P. alata* e *P. cincinnata* detectaram que a característica que mais contribuiu para a diversidade foi o diâmetro da corona, enquanto Santos et al. (2011) avaliando acessos de *P. foetida*, *P. subblanceolata* e o híbrido obtido do cruzamento entre essas espécies encontraram que o diâmetro da flor e o comprimento do pendúnculo foram as características com maior CRDG.

De acordo com a análise de variabilidade baseada na distância de Mahalanobis, a maior divergência ocorreu entre os acessos *P. thozolanii* (CPAC MJ-65-03) e *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) apresentando valores $D^2 = 4427,24$. A menor distância genética de Mahalanobis foi apresentada por acessos da mesma espécie como $D^2 = 10,14$, para os dois acessos de *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01 e CPAC MJ-35-01S) (Tabela 1.3).

De modo geral, a estimativa de distância (D^2) dos acessos de mesma espécie ficaram abaixo de 200 como no caso dos acessos de: *P. coccinea* (CPAC MJ- 08-01 e CPAC MJ-08-05); *P. amethystina* (CPAC MJ-13-07, CPAC MJ-13-07, CPAC MJ-13-08, CPAC MJ-13-09), *P. organensis* (CPAC MJ-51-01 e CPAC MJ-51-02) e *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01 e CPAC MJ-35-01S) (Tabela 1.3). Ortiz et al. (2012) também relatam elevado grau de homogeneidade genética ao avaliar acessos da mesma espécie.

As maiores estimativas de distância ocorreram entre os acessos de espécies e híbridos com grandes flores vermelhas (> 10 cm) de androginóforo longo (>2,7 cm) (*P. thozolanii*, CPAC MJ-65-03; *P. coccinea*, CPAC MJ- 08-01 e CPAC MJ-08-05; *P. quadriglandulosa* CPAC MJ-62-01; *P. speciosa* x *P. coccinea*, CPAC MJ-H-52; *P. coccinea* X *P. setacea*, CPAC MJ-H-36) e os acessos de *P. suberosa* (Tabela 1.3) os quais possuem flores pequenas, com predominância do branco e androginóforo curto (< 1 cm) .

Fato interessante e esperado foi a pequena estimativa de distância genética observada entre *P. thozolanii* e *P. coccinea*, $D^2 = 81$ (Tabela 1.3). Tais espécies pertencem ao mesmo

subgênero *Distephana* da classificação proposta por Killip (1924, 1938, 1960), e possuem distribuição geográfica semelhante: Amazonas, Pará, Amapá e Mato Grosso (FAEGRI; PIJL, 1979; ENDRESS, 1994; CERVI; DUNAISKI, 2004). Ambas possuem grandes flores de coloração vermelha, com androginóforos longos que distanciam o estigma e as anteras da base da flor, características relacionadas à polinização realizada por pássaros da família Trochilidae (beija-flores) (MACHADO, 2009) o que reforça a sua semelhança pois ocorrem no mesmo local e possuem polinizador em comum. Cervi e Dunaiski (2004) relatam a similaridade das duas espécies ressaltando que a característica morfológica que as difere é o fato de *P. tholozanii* apresentar duas séries de filamentos da corona livres desde a base enquanto a *P. coccinea* apresenta a série interna unida na base por uma membrana até metade da sua altura.

Baixos valores de distância D^2 também foram observados entre a espécie *P. tholozanii* e os híbridos que possuem *P. coccinea* como genitor: *P. coccinea* X *P. setacea* CPAC MJ-H-36 ($D^2 = 56,97$) e *P. speciosa* X *P. coccinea* CPAC MJ-H-52 ($D^2 = 23,99$) (Tabela 1.3). A distância entre os híbridos também foi baixa ($D^2=49$) permitindo inferir a maior expressão dos genes de *P. coccinea* na determinação das características florais. Outra inferência possível é a ocorrência de um processo de especiação por hibridização como resultado da polinização ocorrida entre espécies compatíveis do gênero *Passiflora* em especial quanto à quantidade de cromossomos (MELO, 2014) a exemplo da hibridização natural entre *P. tripartita* var. *mollissima* e *P. pinnatistipula* dando origem à espécie *P. rosea* (ULMER; MACDOUGAL, 2004).

Outra proximidade interessante ocorreu entre *P. edulis* e *P. gardneri* ($D^2 = 62$) (Tabela 1.3). As duas espécies possuem flores com predominância das colorações branco e roxo, possuindo a mesma síndrome de polinização: melitofilia (polinização realizada por abelhas). Enquanto a *P. edulis* possui distribuição em todo o território brasileiro, a *P. gardneri* ocorre naturalmente nos Estados de Goiás e Minas Gerais (FLORA DO BRASIL, 2018). As flores de ambas as espécies apresentam período de antese diurno e do seu cruzamento podem ser obtidas sementes viáveis, permitindo sua hibridação (CONCEIÇÃO et al., 2013). A utilização de híbridos com *P. gardneri* em sua genealogia não é relatada para finalidades agrícolas porém é explorada na geração de cultivares ornamentais como “P. Gabriela” e “P. Bella”, ambas obtidas a partir do cruzamento de *P. gardneri* com *P. gibertii* (PASSIFLORA SOCIETY INTERNATIONAL, 2018).

A maior distância do *P. edulis* ocorreu com as espécies e os híbridos com flores vermelhas, sendo $D^2 > 1400$ (Tabela 1.3). Segundo Faegri e Pijl (1976), Endress (1994) e Machado (2009), flores vermelhas são predominantemente polinizadas por beija-flor enquanto que flores roxas e brancas por abelhas. Nestas distâncias entre os acessos de flores vermelhas e o acesso de *P. edulis*, evidencia-se o quanto a síndrome de polinização pode afetar a diversidade genética de um gênero. Tais acessos podem ser, portanto, importantes fontes de genes para o melhoramento do *P. edulis* como cita Junqueira et al. (2005) com relação ao comportamento de dias curtos da *P. coccinea* na região do Distrito Federal, característica que introduzida nas linhagens comerciais poderia reduzir os impactos da sazonalidade na produção, além de poder ser fonte de genes de resistência a doenças. Apesar dos benefícios que estas espécies podem agregar ao programa de melhoramento do *P. edulis* como resistência a doenças, vigor e produção na entressafra, segundo Junqueira et al. (2005) há um aspecto a ser observado pelos melhoristas a respeito do tamanho avantajado do androginóforo das progênes F1 e RC1 implicando em baixa taxa de polinização natural devido a grande distância dos estigmas em relação à coroa.

Tabela 1.3. Distância de Mahalanobis entre acessos do gênero *Passiflora* de acordo com 7 caracteres morfoagronômicos, Planaltina-DF, 2017.

Acessos	1. <i>P. coccinea</i> CPAC MJ-08-01	2. <i>P. tholozanii</i> CPAC MJ-65-03	3. <i>P. coccinea</i> x <i>P. setacea</i> CPAC MJ-H-36	4. <i>P. speciosa</i> x <i>P. coccinea</i> CPAC MJ-H-52	5. <i>P. quadriglandulosa</i> CPAC MJ-62-01	6. <i>P. coccinea</i> CPAC MJ-08-05	7. <i>P. miersii</i> CPAC MJ-34-01	8. <i>P. amethystina</i> CPAC MJ-13-07	9. <i>P. gardneri</i> CPAC MJ-39-04	10. <i>P. amethystina</i> CPAC MJ-13-09	11. <i>P. edulis</i> CPAC MJ-21-06	12. <i>P. foetida</i> CPAC MJ-28-04	13. <i>P. eichleriana</i> x <i>P. giberti</i> CPAC MJ-23-01	14. <i>P. amethystina</i> CPAC MJ-13-08	15. <i>P. amethystina</i> CPAC MJ-13-05	16. <i>P. malacophylla</i> CPAC MJ-43-02	17. <i>P. organensis</i> CPAC MJ-51-02	18. <i>Passiflora</i> sp. CPAC MJ-?	19. <i>P. micropetala</i> CPAC MJ-41-01	20. <i>P. rubra</i> CPAC MJ-69-01	21. <i>P. organensis</i> CPAC MJ-51-01	22. <i>P. suberosa</i> CPAC MJ-35-01S	23. <i>P. suberosa</i> CPAC MJ-35-01		
1	0																								
2	240	0																							
3	164	57	0																						
4	288	24	49	0																					
5	83	338	257	364	0																				
6	60	81	99	132	146	0																			
7	1784	2356	1817	2216	1697	2110	0																		
8	1939	1813	1485	1605	1776	1933	561	0																	
9	1591	1845	1449	1666	1366	1747	247	190	0																
10	1953	1871	1507	1662	1760	1979	508	18	156	0															
11	1660	1978	1613	1797	1446	1824	346	320	62	329	0														
12	982	1444	1105	1335	734	1195	364	614	200	578	234	0													
13	1767	1947	1577	1743	1477	1878	427	198	31	163	86	276	0												
14	2102	2150	1782	1920	1818	2168	495	83	88	79	160	444	60	0											
15	2347	2437	2031	2188	1993	2451	563	176	123	143	203	494	80	28	0										
16	2041	2274	1949	2058	1625	2143	749	465	190	441	160	351	92	188	173	0									
17	2404	3114	2619	2920	1879	2752	840	1246	526	1101	534	469	478	758	628	340	0								
18	2436	3036	2550	2822	1946	2732	696	952	365	833	379	429	304	521	423	201	36	0							
19	2474	3018	2547	2800	2016	2744	647	820	296	726	277	436	235	416	334	142	88	18	0						
20	2617	3064	2603	2837	2060	2861	843	856	381	733	435	508	293	440	306	181	102	59	70	0					
21	2589	3179	2689	2966	2054	2883	740	976	407	850	443	463	342	530	416	225	48	14	40	36	0				
22	3470	4275	3670	4033	2862	3883	1042	1541	794	1368	812	895	726	960	773	560	112	118	162	173	97	0			
23	3532	4427	3808	4192	2913	3982	1125	1748	917	1567	920	954	857	1127	933	667	124	158	218	243	141	10	0		

O dendograma gerado com a ligação média entre grupos (UPGMA) demonstrou adequação gráfica com a matriz original evidenciado pelo valor significativo do coeficiente de correlação cofenético ($r = 0,85$, $p < 0,001$), considerando-se o valor de referência acima de 0,70 sugerido por Rohlf (2000). No dendograma, é possível visualizar a formação de dois grupos com ponto de corte 1168,20 (Figura 1.1).

O grupo I é composto por espécies e híbridos de flores grandes, coloração vermelha e androginóforo longo como: *P. coccinea* (CPAC MJ-08-01 e CPAC MJ-08-05), *P. tholozanii* (CPAC MJ-65-03), *P. quadriglandulosa* (CPAC MJ-62-01); *P. speciosa* x *P. coccinea* (CPAC MJ-H-52); e *P. coccinea* x *P. setacea* (CPAC MJ-H-36) (Figura 1.1). As espécies citadas anteriormente integram o subgênero *Passiflora*, superseção *Coccinea* segundo Feuillet e MacDougal (2004), possuindo diversas características afins como flores avermelhadas de grande interesse ornamental e frutos comestíveis.

Os acessos deste grupo I podem ser usados como fonte de genes visando a hibridação interespecífica gerando populações segregantes com elevada variabilidade, possibilitando a seleção de indivíduos com caracteres de interesse, ou mesmo em processo de melhoramento intraespecífico visando ornamentação e produção de frutos. Destaca-se, neste aspecto, os comentários de Vanderplank (1996) sobre o elevado apreço que os frutos de *P. coccinea* possuem na Guiana e Martinica onde são comercializados em feiras e mercados. Assim, sugere Cervi e Dunaiski (2004), a “domesticação” da espécie para que possa ser produzida e comercializada no Brasil, tornando-a de dupla aptidão: produção de frutos e ornamentação. O uso ornamental é relatado por Peixoto (2005) como pouco utilizado, apesar da espécie possuir atributos favoráveis a isto, havendo relatos isolados de *P. coccinea* Aubl nas regiões Norte e Nordeste como planta de ornamentação. A espécie *P. coccinea* também tem sido utilizada com sucesso na obtenção de híbridos interespecíficos que deram origem às cultivares de maracujazeiros ornamentais BRS Estrela do Cerrado, BRS Rubiflora e BRS Roseflora (EMBRAPA, 2018).

O grupo II foi o mais numeroso e subdividido em dois subgrupos. Um subgrupo é formado por espécies com androginóforo menor que 1 cm e flores menores que 5,12 cm (*Passiflora* sp. CPAC MJ-1; *P. organensis* CPAC MJ-51-01 e CPAC MJ-51-02; *P. micropetala* CPAC MJ-41-01; *P. rubra* CPAC MJ-69-01; *P. suberosa* CPAC MJ-35-01 e CPAC MJ-35-01S). O outro subgrupo é formado por espécies e híbridos com androginóforo variando de 1 cm a 2 cm e flores com diâmetro entre 8,41 cm e 5,08 cm (*P. miersi* CPAC

MJ-08-05; *P. foetida* CPAC MJ-28-04; *P. amethystina* CPAC MJ-13-05, CPAC MJ-13-07, CPAC MJ-13-08 e CPAC MJ-13-09; *P. gardneri* CPAC MJ-39-04; *P. eichleriana* x *P. giberti* CPAC MJ-23-01; *P. edulis* CPAC MJ-21-06; *P. malacophylla* CPAC MJ-43-02) (Figura 1.1). Em ambos os subgrupos do grupo II, a cor predominante das flores é o branco e/ou roxo com síndromes de polinização de melitofilia para as flores de antese diurna e de falenofilia (mariposas) para as de abertura noturna.

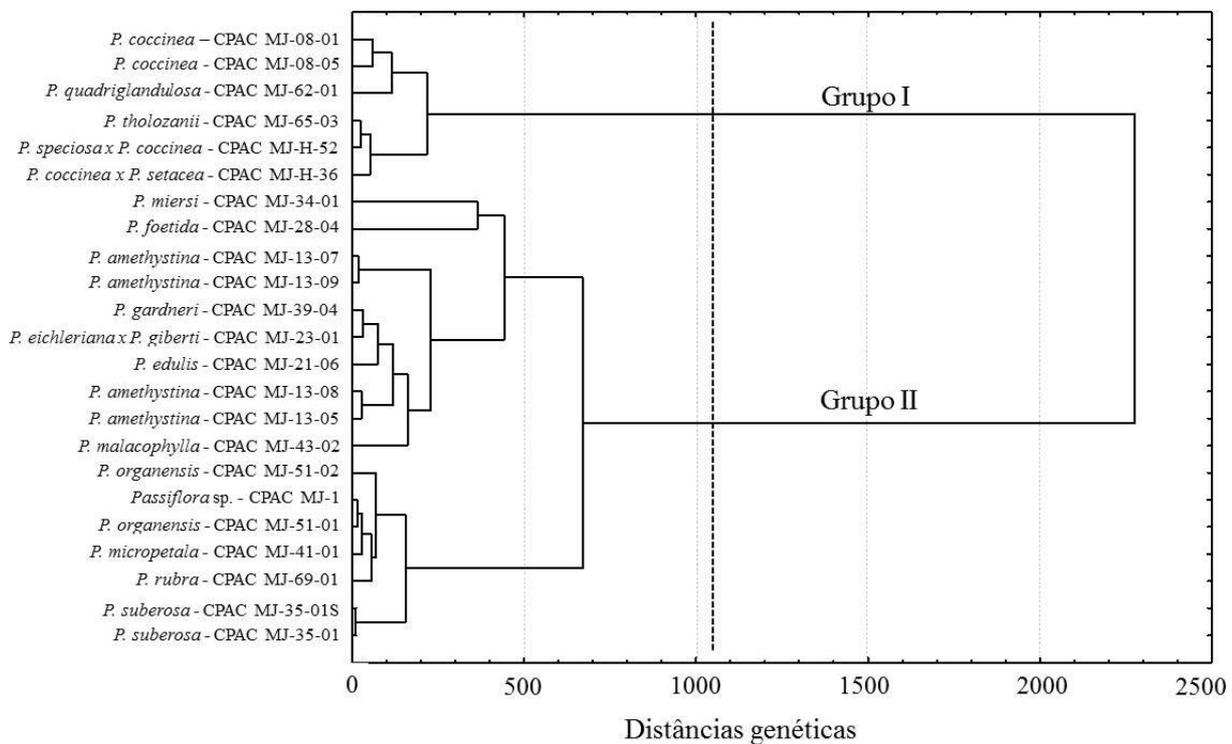


Figura 1.1 Análise de agrupamento de 23 acessos do gênero *Passiflora*, baseada na matriz de distâncias genéticas calculada utilizando a distância genética de Mahalanobis de sete caracteres morfoagronômicos e o método de UPGMA como critério de agrupamento. O coeficiente de correlação cofenético (r) é de 0,85. Distância morfológica média de 1168,20 (ponto de corte). Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2017.

Foi identificada tendência de agrupamentos quanto à coloração das flores, sendo possível identificar três agrupamentos de acordo com a predominância da coloração: vermelha (Grupo I), roxa (Grupo II, subgrupo I) ou branca (Grupo II, subgrupo II) (Figura 1.2). Apesar do carácter monofilético do gênero *Passiflora* (MUSCHNER ET AL., 2003; JUDD ET AL., 2009; TOKUOKA, 2012), a divergência ocorrida entre os seus subgêneros é muito antiga, variando de 33 à 38 milhões de anos, justificando a variabilidade existente no gênero e o surgimento de espécies com flores de cores diversificadas que estão diretamente relacionadas à síndrome de polinização e ao processo evolutivo da espécie (MUSCHNER et al., 2012).

Percebe-se no dendograma (Figura 1.1) e no gráfico de dispersão (Figura 1.2) um distanciamento dos acessos de *P. suberosa* CPAC MJ-35-01S (22) e CPAC MJ-35-01 (23) em relação aos demais acessos, confirmado pelo fato da espécie pertencer ao subgênero *Decaloba* o qual apresenta significativa distância genética entre o subgênero *Passiflora* (MUSCHNER et al., 2012). Tal distanciamento de *P. suberosa* também foi verificado por Crochemore et al. (2003).

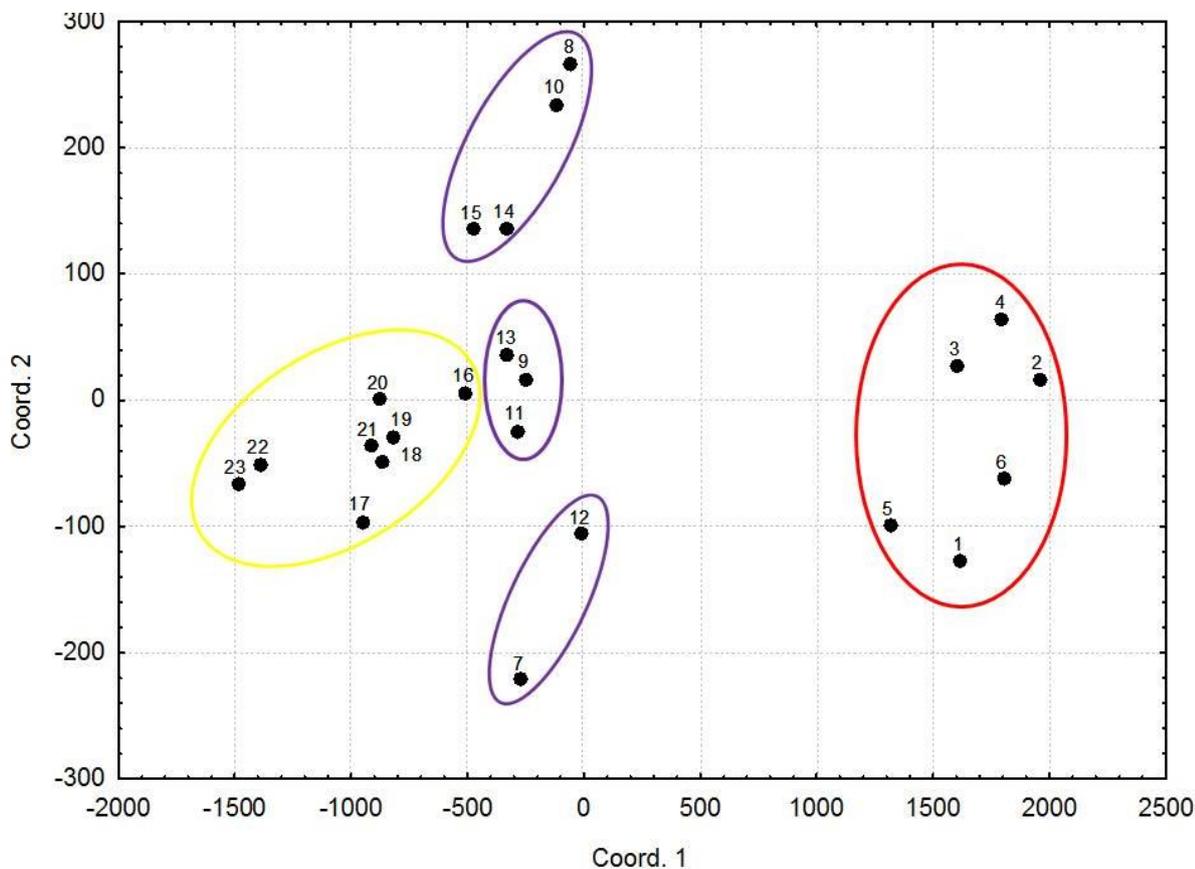


Figura 1.2. Dispersão gráfica de 23 acessos do gênero *Passiflora* de diferentes colorações da flor baseado na matriz de distâncias genéticas calculada a partir de 7 caracteres da morfologia floral usando a distância generalizada de Mahalanobis. Coloração dos acessos: (–) flores com predominância do branco; (–) flores com predominância da coloração roxa e (–) flores com predominância do vermelho. Código dos acessos: 1- *P. coccinea*, CPAC MJ-08-01; 2 - *P. tholozanii*, CPAC MJ-65-03; 3 - *P. coccinea* X *P. setacea*, CPAC MJ-H-36; 4 - *P. speciosa* X *P. coccinea*, CPAC MJ-H-52; 5 - *P. quadriglandulosa*, CPAC MJ-62-01; 6 - *P. coccinea*, CPAC MJ-08-05; 7 - *P. miersii*, CPAC MJ-34-01; 8 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-07; 9 - *P. gardneri*, CPAC MJ-39-04; 10 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-09; 11 - *P. edulis*, CPAC MJ-21-06; 12 - *P. foetida*, CPAC MJ-28-04; 13 - *P. eichleriana* x *P. giberti*, CPAC MJ-23-01; 14 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-08; 15 - *P. amethystina*, CPAC MJ-13-05; 16 - *P. malacophylla*, CPAC MJ-43-02; 17 - *P. organensis*, CPAC MJ-51-02; 18 - *Passiflora* sp., CPAC MJ-1; 19 - *P. micropetala*, CPAC MJ-41-01; 20 - *P. rubra*, CPAC MJ-69-01; 21 - *P. organensis*, CPAC MJ-51-01; 22 - *P. suberosa*, CPAC MJ-35-01S; 23 - *P. suberosa*, CPAC MJ-35-01. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2018.

1.4 CONCLUSÕES

A caracterização morfométrica baseada em características florais contribui para a diferenciação fenotípica entre os 23 acessos de *Passiflora* spp. sendo um importante instrumento na quantificação da variabilidade, auxiliando na caracterização e uso de recursos genéticos de interesse em programas de pré-melhoramento e melhoramento.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York: J. Wiley, 1966. 485p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 319.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta geográfica**, v.8, n.16, p. 40-55, 2014.

CERQUEIRA-SILVA, C.B.; FALEIRO, F.G.; JESUS, O.N.; SANTOS, E.S.L.; SOUZA, A.P. The genetic diversity, conservation, and use of passion fruit (*Passiflora* spp.) In: AHUJA, M.R.; JAIN, S.M. (Eds.) **Genetic diversity and erosion in plants - case histories** v.2. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. 2016. p.215-231.

CERVI, A.C. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora*. **Fontqueria**, v. 45, n.1, p.1-92, 1997.

CERVI, A. C.; DUNAISKI, A. J. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Distephana* (JUSS.) Killip. **Estudos de Biologia**, v. 26, n. 55, 2017.

COBRA, S. S. O.; SILVA, C. A.; KRAUSE, W.; DIAS, D. C.; KARSBURG, I. V.; MIRANDA, A. F. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.1, p.54-62, 2015.

CONCEIÇÃO, L. M. da S.; BASTOS, E. dos S.; DIVINO, A. do A.; CONCEIÇÃO, M. L.; MACHADO, C. de F. Determinação da compatibilidade genética entre espécies de passifloras visando à obtenção de híbridos. Embrapa Mandioca e Fruticultura. In: VII Jornada

Científica Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas. **Anais Jornada Científica Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, Cruz das Almas, 2013. Publicação online. 2013.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G. Exploração da diversidade genética de passifloras. In: Sexto Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Maracujazeiro. **Anais do Sexto Simpósio Brasileiro Sobre a Cultura do Maracujazeiro**, Campos dos Goytacazes, 2003. 25 p.

CROCHEMORE, M. L.; MOLINARI, H. B.; STENZEL, N. M. C. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 5-10, 2003.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

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

EMBRAPA. Embrapa Cerrados. **Memória do Lançamento dos Híbridos de Maracujazeiro Ornamental**. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/lançamento_ornamental/>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 511 p.

FAEGRI, K.; PIJL, V. D. **The principles of pollination ecology**. 2.ed. Oxford: Pergamon Press, 1976. 256 p.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BELLON, G.; BORGES, T.A.; ANJOS, J.R.N.; PEIXOTO, J.R.; BRAGA, M.F.; SANTOS, D.G. Diversidade genética de espécies silvestres de maracujazeiro com resistência a múltiplas doenças com base em marcadores RAPD. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p. 325, 2004.

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

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA,M. F. **Maracujá: demandas para a pesquisa**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006, 54 p.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; PEIXOTO, J.R. Caracterização de germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro assistidos por marcadores moleculares: resultados de pesquisa 2005-2008. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 207). 2008. 59 p.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V. Passion fruit (*Passiflora* spp.) improvement using wild species. In: MARIANTE, A.S.; SAMPAIO, M.J.A.; INGLIS, M.C.V. **The state of Brazil's plant genetic resources. Second National Report. Conservation and Sustainable Utilization for food and agriculture**. Brasília, DF: Embrapa Technological Information. 2009. p. 101-106.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; OLIVEIRA, E. J.; PEIXOTO, J. R.; COSTA, A. M. Germoplasma e Melhoramento Genético do Maracujazeiro – histórico e perspectivas. **Documentos 307**, Embrapa Cerrados, 36 p., 2011a.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F.; PEIXOTO, J.R. Pré-melhoramento do maracujá. In: LOPES, M.A.; FAVERO, A.P.; FERREIRA, M.A.J.F.; FALEIRO, F.G.; FOLLE, S.M.; GUIMARÃES, E.P. (Eds.) **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011b. p. 550-570.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; COSTA, A.M. **Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (*Passiflora* spp.)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. (Documentos, Nº 329). 26p.

FEUILLET, C.; MACDOUGAL, J. M. A New Infrageneric Classification of *Passiflora* L. (Passifloraceae). **Passiflora**, v.13, n.2, p.34-38, 2004.

FLORA DO BRASIL. *Passiflora* in Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB20249>>. Acesso em: 01 Fev. 2018.

FRANKEL, O. H.; BRONW, A. H. D. Plant genetic resources today: a critical appraisal. In: HOLDEN, J. H. W.; WILLIAMS, J. T. (Ed.). **Crop genetic resources: conservation and evaluation**. London: Allen and Unwin, 1984. p. 249-257.

GANGA, R. M. D.; RUGGIERO, C.; LEMOS, E. G. M.; GRILI, G. G.; GONÇALVES, M. M.; CHAGAS, E. A.; WICKERT, E. Diversidade genética em maracujazeiro amarelo utilizando marcadores moleculares fAFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura** v.26, p.494-498, 2004.

JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOG, E. A., STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: Um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Artmed. 2009. 632 p.

JUNGHANS, T.G.; JESUS, O.N. **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 344p.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81 -108.

JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Uso de espécies silvestres de *Passiflora* no pré-melhoramento do maracujazeiro. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G. (Ed). **Curso Internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2006. p. 133-137.

JUNQUEIRA, K.P.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BELLON, G.; RAMOS, J.D.; BRAGA, M.F.; SOUZA, L.S. Confirmação de híbridos interespecíficos artificiais no gênero *Passiflora* por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p. 191-196. 2008.

KILLIP, E. P. New species of *Passiflora* from tropical America. **Journal Washington Academy of Science**, v. 14, n. 5, p. 108-116, 1924.

KILLIP, E.P. The American species of Passifloraceae. **Publ. Field Mus. Nat. Hist. Bot.**, v. 19, p. 1-613, 1938.

KILLIP, E.P. **Supplemental notes on the American species of Passifloraceae, with descriptions of new species**. Contributions from the United States National Herbarium Chicago, v. 35, p. 1-23, 1960.

LAWINSCKY, P.R.; SOUZA, M.M.; BELO, G.O.; VIANA, A.J.C.; MELO, C.A.F.; OLIVEIRA, C.S.L. Morphological characterization and genetic diversity in *Passiflora alata* Curtis and *P. cincinnata* Mast. (Passifloraceae). **Brazilian Journal Botany**, São Paulo, v.37, n.3, p.272-261, 2014.

MACHADO, C. G. Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Zoologia**, v. 26, n. 2, p. 255-265, 2009.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MELO, C.A.F. **Caracterização morfológica, citogenética e confirmação molecular de híbridos interespecíficos retrocruzados de *Passiflora* L.** Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz, 2014. 184 p. Tese Doutorado.

MUSCHNER, V.C.; LORENZ, A.P.; CERVI, A.C.; BONATTO, S.L.; SOUZA-CHIES, T.T.; SALZANO, F.M.; FREITAS, L.B. A first molecular phylogenetic analysis of *Passiflora* (Passifloraceae). **American Journal of Botany**, v. 90, p. 1229-1238, 2003.

MUSCHNER, V.C.; ZAMBERLAN, P.M.; BONATTO, S.L.; FREITAS, L.B. Phylogeny, biogeography and divergence times in *Passiflora* (Passifloraceae). **Genetics and Molecular Biology**, v.35, n.4, p.1043-1036, 2012.

OCAMPO, J.; URREA, R.; WYCKHUYS, W.; SALAZAR, M. Exploración de la variabilidad genética del maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como base para un programa de fitomejoramiento en Colombia. **Acta agronómica**, v.62, n.4, p.352-360, 2013.

OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. **Espécies de maracujá com potencial agrônômico**. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 143-158.

OLIVEIRA, J. S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA; N. T.V; VIANA, M. L. Genetic and morphoagronomic diversity of *Passiflora* spp. based on quantitative measurements of flowers and fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, e-003, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010029452017000100801&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 de abril de 2018.

ORTIZ, D.; BOHÓRQUEZ, A.; DUQUE, M.C.; TOHME, J.; CUELLAR, D.; MOSQUERA, T. Evaluating purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis*) genetic variability in individuals from commercial plantations in Colombia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.59, n.6, p.1099-1089, 2012.

PAIVA, C. L.; PIO, A.; SANTOS, E. A.; SILVA, R. N. O.; OLIVEIRA, E. J. Diversidade genética de espécies do gênero *Passiflora* com o uso da estratégia Ward-MLM. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 381-390, 2014.

PASSIFLORA SOCIETY INTERNATIONAL. **Lista dos híbridos registrados de Passifloras**. Disponível em: <http://www.passiflorasociety.org>. Acesso 01 em fevereiro de 2018.

PEIXOTO, M. Problemas e perspectivas do maracujá ornamental. In: FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 457 - 463, 2005.

PIGLIUCCI, M. **Phenotypic Plasticity: Beyond Nature and Nature**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2001. 328 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system**, version 2.1. New York: Exeter Software, 2000. 98 p.

SANTOS, E. A.; SOUZA, M. M.; VIANA, A. P.; ALMEIDA, A. A. F.; FREITAS, J. C. O.; LAWINSCKY, P. R. Multivariate analysis of morphological characteristics of two species of passion flower with ornamental potential and of hybrids between them. **Genetics and Molecular Research**, v.10, n.4, p. 2471-2457, 2011.

SANZONOWICZ, C.; ANDRADE, L. R. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. Adubação de maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Recomendações Técnicas, 4). 2000. 1p.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT ® 9.2 user's guide**. Cary, 2008. 7857 p. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/59654/PDF/default/statug.pdf>>. Acesso em 08 de fevereiro de 2018.

SCHLICHTING, C. D.; WUND, M. A. Phenotypic plasticity and epigenetic marking: an assessment of evidence for genetic accommodation. **Evolution**, v. 68, p. 656–672, 2014.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic diversity. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**: the principles and practice of numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. p. 573.

STATSOFT INC. **Statistica for Windows** [Computer program manual] Tulsa: StatSoft Inc., 1999.

TANGARIFE, M.M.M.; CAETANO, C.M.; TIQUE, C.A.P. Caracterización morfológica de especies del género *Passiflora* de Colombia. **Acta Agronómica**, v.58, n.3, p.117-125, 2009.

TOKUOKA, T. Molecular phylogenetic analysis of Passifloraceae sensu lato (Malpighiales) based on plastid and nuclear DNA sequences. **Journal of Plant Research**, v. 125, p. 487-497, 2002.

ULMER, T.; MACDOUGAL, J.M. **Passiflora: Passionflowers of the world**. Portland: Timber Press, 430 p., 2004.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. Massachusetts: MIT Press, 1996. 224p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. 2. ed. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1987. 795 p.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M. de; MALDONADO, J. F. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do. Genetic diversity in yellow passion fruit populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p.87-94, 2006.

VIANA, A.J.C.; SOUZA, M.M.; ARAÚJO, I.S.; CORRÊA, R.X. Genetic diversity in *Passiflora* species determined by morphological and molecular characteristics. **Biologia Plantarum**, v.54, n.3, p.535-538, 2010.

WUND, M. A. Assessing the impacts of phenotypic plasticity on evolution. **Integrative and Comparative Biology**, v.52, p. 5-15, 2012.

CAPÍTULO 2 – ALTURA DO ANDROGINÓFORO E SUA ASSOCIAÇÃO COM AGENTES POLINIZADORES NO PRÉ-MELHORAMENTO DO MARACUJAZEIRO

RESUMO

As abelhas de grande porte, como as do gênero *Xylocopa* são as polinizadoras naturais do maracujazeiro azedo. Porém muitos produtores utilizam a polinização manual para aumentar o vingamento das flores e frutos, e dessa forma, a produtividade da cultura. Uma outra alternativa para aumentar a eficiência da polinização é o desenvolvimento de cultivares com menor altura de androginóforo que favoreça a polinização por insetos pequenos, como as abelhas *Apis mellifera*, as quais atualmente são consideradas pragas por retirarem o pólen sem realizar a polinização. Estas abelhas poderiam se tornar aliadas no processo de polinização e melhorar a fonte de renda do produtor. Neste trabalho, objetivou-se caracterizar acessos do Banco de Germoplasma Flor da Paixão quanto à altura do androginóforo e relacionar os dados com a síndrome de polinização do acesso identificando genótipos promissores aos programas de melhoramento genético do maracujazeiro. Foi avaliada a altura do androginóforo em 9 flores de 23 acessos em delineamento inteiramente casualizado. Foram realizadas análises de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância. Os acessos de maracujás *P. amethystina* (CPAC MJ-13-05), *P. malacophylla* (CPAC MJ-43-02), *P. organensis* (CPAC MJ-51-02), *Passiflora* sp. (CPAC MJ-1), *P. micropetala* (CPAC MJ-41-01), *P. rubra* (CPAC MJ-69-01), *P. organensis* (CPAC MJ-51-01), *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01S) e *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) apresentam os androginóforos mais curtos (menores que 1,05 cm). Já os acessos *Passiflora coccinea* (CPAC MJ-08-01), *P. tholozanii* (CPAC MJ-65-02), híbrido *P. coccinea* X *P. setacea* (CPAC MJ-H-36), híbrido *P. speciosa* X *P. coccinea* (CPAC MJ-H-52), *P. quadriglandulosa* (CPAC MJ-62-01) e *P. coccinea* (CPAC MJ-08-05) formam o grupo com androginóforos maiores que 3,10 cm. Um grupo intermediário foi formado por *P. miersii* (CPAC MJ-34-01), *P. amethystina* (CPAC MJ-13-07), *P. gardneri* (CPAC MJ-39-04), *P. amethystina* (CPAC MJ-13-09), *P. edulis* (CPAC MJ-21-06), *P. foetida* (CPAC MJ-28-04), *P. eichleriana* x *P. giberti* (CPAC MJ-23-01) e *P. amethystina* (CPAC MJ-13-08) com androginóforos variando entre 1,2 a 1,9 cm. O resultado deste estudo evidencia a possibilidade de utilizar espécies e híbridos de maracujazeiro com androginóforo curto em programas de melhoramento que visem transferir esta característica para os maracujazeiros comerciais.

Palavras-chave: *Passiflora*, biologia floral, pré-melhoramento.

ABSTRACT

THE ANDROGINOPHORUS AND ITS ASSOCIATION WITH POLLINATING AGENTS IN THE PRE-BREEDING OF PASSION FRUIT

Large bees such as the genus *Xylocopa* are the natural pollinators of the sour passion fruit, but many producers use manual pollination to increase the pollination efficiency and thereby increase the fruit production. Another alternative to increase the pollination efficiency would be the development of cultivars with low androgynophore height that allow the *Apis mellifera* bees pollination, which are currently considered as pests in the crop. These bees could be useful in the pollination process and an extra source of income for the producer. This work aims to characterize the accesses of the Germplasm Bank “Flor da Paixão” in relation to the height of the androgynophore and to relate the data with the access pollination syndrome, identifying promising genotypes for the passion fruit genetic improvement programs. The height of the androgynophore was evaluated in 9 flowers from 23 accessions in a completely randomized design. Variance analysis were performed and means were grouped using Scott Knott's test at 5% of significance. The passion fruit accesses *P. amethystina* (CPAC MJ-13-05), *P. malacophylla* (CPAC MJ-43-02), *P. organensis* (CPAC MJ-51-02), *Passiflora* sp. (CPAC MJ-1), *P. micropetala* (CPAC MJ-41-01), *P. rubra* (CPAC MJ-69-01), *P. organensis* (CPAC MJ-51-01), *P. suberosa* 35-01S) and *P. suberosa* (CPAC MJ-35-01) present the shortest androgynophores (less than 1.05 cm). On the other hand, the accessions *P. coccinea* (CPAC MJ-08-01), *P. tholozanii* (CPAC MJ-65-02), the hybrid *P. coccinea* X *P. setacea* (CPAC MJ-H-36), *P. speciosa* x *P. coccinea* (CPAC MJ-H-52), *P. quadriglandulosa* (CPAC MJ-62-01) and *P. coccinea* (CPAC MJ-08-05) form the group with androgynophores larger than 2.60 cm. An intermediate group was formed by *P. miersii* (CPAC MJ-34-01), *P. amethystina* (CPAC MJ-13-07), *P. gardneri* (CPAC MJ-39-04), *P. amethystina* (CPAC MJ-13) *P. edulis* (CPAC MJ-21-06), *P. foetida* (CPAC MJ-28-04), *P. eichleriana* x *P. gibertii* (CPAC MJ-23-01) and *P. amethystina* (CPAC MJ -13-08) with androgynophores ranging from 1.2 to 1.9 cm. The results of this study show the possibility of using passion fruit species and hybrids with short androgynophore in breeding programs that aim to transfer this characteristic to commercial passion fruit.

Keywords: *Passiflora*, floral biology, pre-breeding.

2.1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora* spp.) é muito conhecido pela qualidade dos seus saborosos frutos e exuberância de suas flores que a muitos encanta devido a sua peculiar aparência. Ao tempo do descobrimento e colonização da América, as passifloras foram objeto de grande admiração religiosa e cultural, pela simbologia das estruturas da flor com a Paixão de Cristo (CERVI, 1997).

De maneira geral, as flores do maracujazeiro são hermafroditas, homoclamídeas pentâmeras, com cinco estames unidos pela base, inseridos no topo do androginóforo, junto à inserção do ovário súpero, onde no seu centro superior se iniciam três estiletos (CERVI, 1997). Além do seu apelo cultural e religioso, as flores das espécies do gênero *Passiflora* se destacam pela grande variabilidade morfológica interespecífica e intraespecífica que apresentam.

Uma característica floral variável entre os indivíduos de uma espécie como também entre espécies diferentes do gênero *Passiflora* é a altura do androginóforo que é uma coluna que se inicia na base central do receptáculo floral elevando os órgãos reprodutores em relação a sua base (CERVI, 1997). Tal estrutura é a principal responsável pelo insucesso na polinização pelos insetos de “pequeno porte” em maracujazeiros comerciais como o *Passiflora edulis* Sims., no qual abelhas européias são pragas ao invés de polinizadores pelo fato de seu tamanho não permitir acessar o estigma, que é facilmente polinizado por abelhas de grande porte como as do gênero *Xilocopa* quando acessam a flor em busca de néctar (CAMILLO, 2003; BOIÇA JÚNIOR et al., 2004; VIEIRA et al., 2010).

Oliveira e Frizzas (2014) relatam que as abelhas *Trigona spinipes* e a *Apis mellifera* da família Apidae são importantes pragas do maracujazeiro-azedo. A primeira é conhecida popularmente como abelha arapuá e seu principal impacto ocorre nos botões florais, nos quais fazem danos que podem provocar a sua queda, não sendo uma polinizadora em potencial. A segunda é conhecida popularmente como abelha européia e seu principal dano à cultura é a coleta de pólen sem realizar a polinização devido ao seu reduzido tamanho (YAMASHIRO, 1981; CAMILLO, 2003; BOIÇA JÚNIOR et al., 2004). Algumas espécies do gênero *Passiflora* (*P. chrysophylla*, *P. foetida* e *P. misera*) que apresentam flores com menor altura do androginóforo podem ser polinizadas por abelhas de menor porte como *Ptiloglossa* spp. (Colletidae) e *Thygater analis* (Apidae) e a transmissão dessa característica para cultivares de

maracujazeiro azedo pode transformar essas abelhas de menor porte como a europeia em um potencial futuro polinizador para a cultura. O controle dessas abelhas em pomares comerciais de maracujá se faz com base na localização, captura e transporte da colmeia para outro local (GALLO et al., 2002), manejo que nem sempre é viável ao agricultor, havendo casos em que a população dessas abelhas é tão elevada que afeta a oferta de pólen para a realização da polinização manual.

Em pomares de maracujá com alto nível populacional dessas abelhas, a eficiência da polinização manual pode ser muito baixa, deixando de ser uma prática de elevado retorno ao produtor (CARVALHO; TEÓFILO-SOBRINHO, 1973; CAMILLO, 2003). A eficiência de polinização manual chega a 85,7% segundo Carvalho e Teófilo (1974) enquanto que a polinização natural realizada pelas abelhas do gênero *Xylocopa* possuem eficiência de até 16,4% (CARVALHO; TEÓFILO-SOBRINHO, 1973; GRISI JÚNIOR, 1973; YAMASHIRO, 1981; SIQUEIRA et al., 2009; VIANA et al., 2014). Não há uma quantificação do quanto a atividade das abelhas européias impactam na eficiência da polinização manual, porém seus prejuízos são reconhecidos por muitos autores (CARVALHO; TEÓFILO, 1973; GALLO, 2002; CAMILLO, 2003; BOIÇA JÚNIOR, 2004).

As abelhas européias atuam como polinizadoras em diversas culturas ocorrendo até o aluguel de colméias como na cultura do melão e da maçã. Já em outras culturas como café (*Coffea arabica*), caju (*Anacardium occidentale*) e laranja (*Citrus sinensis*) há casos em que são introduzidas colméias, mas com a finalidade principal de produção de mel sendo mais uma fonte de renda na propriedade (FREITAS; PAXTON, 1998; MALERBO-SOUZA et al., 2003; MARCO JR.; COELHO, 2004). Esta realidade poderá estar presente na cultura do maracujazeiro diante do desenvolvimento de cultivares com características florais aptas à polinização por essas abelhas.

Pelos fatos apontados acima e ainda por ser o órgão limitante à polinização e à formação do fruto, o estudo dos aspectos relacionados ao androginóforo são essenciais para a obtenção de cultivares em que abelhas de médio porte, como a *Apis mellífera*, possam atuar como agentes polinizadores ao invés de pragas. Nesse sentido, objetivou-se no trabalho caracterizar acessos de passifloras quanto a altura do androginóforo, identificando acessos com potencial de uso em programa de melhoramento genético do maracujazeiro, visando a possibilidade da polinização por insetos pequenos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos de 2016 e 2017, na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, em região com clima do tipo Aw Tropical, segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014).

Foram avaliados 23 acessos do gênero *Passiflora* (Tabela 2.1) mantidos em casa de vegetação no Banco de Germoplasma Flor da Paixão. Os maracujazeiros foram cultivados em vasos, sendo que cada acesso foi cultivado em três vasos com duas plantas por recipiente, propagadas por estaquia.

As médias das alturas dos androginóforos foram obtidas pela sua medição do receptáculo floral até a sua junção com o ovário súpero (Figura 2.1) de 9 flores de cada acesso em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas utilizando o teste de Scott Knott à 5% de significância com o auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).



Figura 2.1. Destaque ao androginóforo de flor de *Passiflora edulis* Sims, Embrapa Cerrados, 2017.

Tabela 2.1. Acessos do gênero *Passiflora* do Banco de Germoplasma Flor da Paixão avaliados, Planaltina-DF, 2016-2017.

Nome Científico	Código do Acessos
<i>P. amethystina</i> J. C. Mikan	CPAC MJ-13-05, CPAC MJ-13-07, CPAC MJ-13-08 e CPAC MJ-13-09
<i>P. coccinea</i> Aubl.	CPAC MJ-08-01 e CPAC MJ-08-05
<i>P. edulis</i> Sims	CPAC MJ-21-06
<i>P. foetida</i> L.	CPAC MJ-28-04
<i>P. gardneri</i> Mast.	CPAC MJ-39-04
<i>P. malacophylla</i> Mast.	CPAC MJ-43-02
<i>P. micropetala</i> Mart.	CPAC MJ-41-01
<i>P. miersii</i> Mart.	CPAC MJ-34-01
<i>P. organensis</i> Gardner	CPAC MJ-51-01 e CPAC MJ-51-02
<i>P. quadriglandulosa</i> Rodschied	CPAC MJ-62-01
<i>P. rubra</i> L.	CPAC MJ-69-01
<i>Passiflora</i> sp.	CPAC MJ-1
<i>P. suberosa</i> L.	CPAC MJ-35-01S e CPAC MJ-35-01
<i>P. tholozanii</i> Sacco	CPAC MJ-65-02
<i>P. coccinea</i> X <i>P. setacea</i>	CPAC MJ-H-36
<i>P. eichleriana</i> X <i>P. giberti</i>	CPAC MJ-23-01
<i>P. speciosa</i> X <i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-H-52

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura dos androginóforos dos acessos de espécies e híbridos do gênero *Passiflora* apresentou diferença significativa na análise de variância (G.L. = 22; F = 29,77; P = 0,0001). O teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, separou os acessos em três grupos: 1º - maiores que 3,10 cm; 2º - entre 1,20 cm à 1,80 cm; e 3º - menores que 1,05 cm (Tabela 2.2).

Seis acessos que apresentaram androginóforos mais longos, de 3,10 a 3,58 cm, foram das espécies e híbridos de *Passiflora coccinea*, *P. tholozanii*, *P. coccinea* X *P. setacea*, *P. speciosa* X *P. coccinea* e *P. quadriglandulosa*. Um grupo intermediário com androginóforos variando de 1,20 a 1,80 cm foi formado por acessos das espécies e híbridos de *P. quadrangularis* X *P. alata*, *P. miersii*, *P. amethystina*, *P. gardneri*, *P. edulis*, *P. foetida* e *P. eichleriana* x *P. giberti*. Nove acessos que apresentaram androginóforos menores que 1,05 cm, foram das espécies de *P. amethystina*, *P. malacophylla*, *P. organensis*, *Passiflora* sp., *P. micropetala*, *P. rubra* e *P. suberosa* (Tabela 2.2).

Os acessos presentes em cada um dos grupos formados a partir do teste de Scott Knott possuem similaridade de cores. No 1º Grupo (androginóforo > 2,60 cm) predomina a cor vermelha do perianto (Figura 2.2), no 2º Grupo (1,20 cm < androginóforo > 1,81 cm) predomina a cor roxa/lilás (Figura 2.3) e no 3º Grupo (androginóforo < 1,05cm) predomina a cor branca (Figura 2.4), com exceção da *P. amethystina* (CPAC MJ-13-05).

Os atributos florais estão diretamente relacionados com o tipo de síndrome de polinização da espécie (FAEGRI; PJIL, 1971). De acordo com Mariath e Ayub (1994), o tipo de polinização não é caracterizado apenas pelo vetor do grão de pólen como também pelas características florais como cor, odor, forma e recurso ofertado ao polinizador. No caso das passifloras, a maioria das espécies apresenta a síndrome de polinização por melitofilia (abelhas) que pode ser realizada por diversas espécies, destacando-se as do gênero *Xylocopa*, o qual apresenta abelhas de grande porte (VARASSIN et al., 2001). Porém, no mundo há mais de 20.000 espécies de abelhas sendo que todas frequentam flores (D' AVILA, 2016), no Brasil este número é de 1700 espécies (MOURE et al., 2007). Portanto ao alterar a morfometria de uma flor existe na natureza uma diversidade de insetos com potencial de estabelecer uma nova relação de polinizador da planta, residindo aí um importante leque de opções a serem exploradas pelos melhoristas. Outras síndromes de polinização compreendidas

no gênero *Passiflora* são a ornitofilia (SAZIMA; SAZIMA, 1989), a falenofilia (KOSCHNITZKE; SAZIMA, 1997) e a quiropterofilia (BUZATO; FRANCO, 1992).

Tabela 2.2. Altura de androginóforo de 23 acessos do gênero *Passiflora* do Banco de Germoplasma Flor da Paixão, Planaltina-DF, 2015-2016.

Nome Científico	Código do Acesso	Altura do Androginóforo ¹ (cm)
<i>P. tholozanii</i> Sacco	CPAC MJ-65-02	3,58 ± 0,01 a
<i>P. coccinea</i> Aubl.	CPAC MJ-08-05	3,53 ± 0,10 a
<i>P. coccinea</i> Aubl.	CPAC MJ-08-01	3,52 ± 0,06 a
<i>P. coccinea</i> X <i>P. setacea</i>	CPAC MJ-H-36	3,48 ± 0,05 a
<i>P. speciosa</i> X <i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-H-52	3,45 ± 0,10 a
<i>P. quadriglandulosa</i> Rodschied	CPAC MJ-62-01	3,10 ± 0,01 a
<i>P. foetida</i> L.	CPAC MJ-28-04	1,80 ± 0,06 b
<i>P. miersii</i> Mart.	CPAC MJ-34-01	1,77 ± 0,05 b
<i>P. amethystina</i> J. C. Mikan	CPAC MJ-13-07	1,55 ± 0,03 b
<i>P. gardneri</i> Mast.	CPAC MJ-39-04	1,53 ± 0,06 b
<i>P. amethystina</i> J. C. Mikan	CPAC MJ-13-09	1,53 ± 0,05 b
<i>P. edulis</i> Sims	CPAC MJ-21-06	1,49 ± 0,07b
<i>P. eichleriana</i> x <i>P. giberti</i>	CPAC MJ-23-01	1,33 ± 0,02 b
<i>P. amethystina</i> J. C. Mikan	CPAC MJ-13-08	1,20 ± 0,08 b
<i>P. amethystina</i> J. C. Mikan	CPAC MJ-13-05	1,05 ± 0,06 c
<i>P. malacophylla</i> Mast.	CPAC MJ-43-02	0,99 ± 0,01 c
<i>P. organensis</i> Gardner	CPAC MJ-51-02	0,92 ± 0,05 c
<i>Passiflora</i> sp.	CPAC MJ-1	0,84 ± 0,03 c
<i>P. micropetala</i> Mart.	CPAC MJ-41-01	0,83 ± 0,11 c
<i>P. rubra</i> L.	CPAC MJ-69-01	0,72 ± 0,03 c
<i>P. organensis</i> Gardner	CPAC MJ-51-01	0,71 ± 0,03 c
<i>P. suberosa</i> L.	CPAC MJ-35-01S	0,40 ± 0,01 c
<i>P. suberosa</i> L.	CPAC MJ-35-01	0,40 ± 0,01 c

¹As médias seguidas pela mesma letra ficaram agrupadas entre si de acordo com o Teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

As plantas presentes no Grupo 1 provavelmente coevoluíram com pássaros do tipo beija-flor (família Trochilidae), devido ao tamanho avantajado do androginóforo, a antese das flores ocorrendo no período da manhã e a coloração avermelhada (Figura 2.2) bastante atrativa à esses vertebrados, apresentando a síndrome de polinização ornitofilia (FAEGRI; PIJL, 1976; ENDRESS, 1994; VARASSIN et al., 2001; MACHADO, 2009).

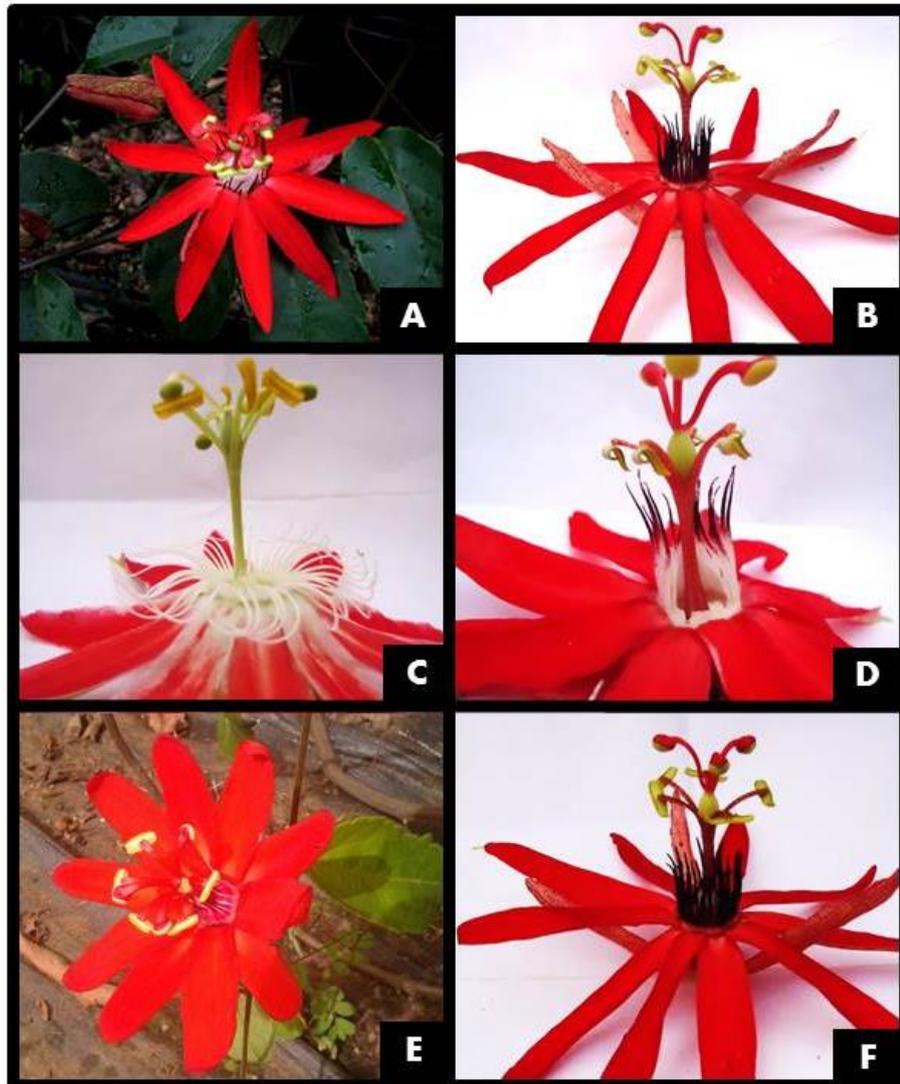


Figura 2.2. Maracujazeiros do Banco de Germoplasma Flor da Paixão com predominância da coloração vermelha (Grupo 1): (A) *P. coccinea*; (EMBRAPA, 2018a) (B e F) *P. tholozanii*; (C) *P. coccinea* X *P. setacea*; (D) *P. speciosa* X *P. coccinea*; (E) *P. quadriglandulosa*. Planaltina-DF, 2018.

Dados da morfologia floral das plantas do Grupo 2 como o tamanho mediano do androginóforo, antese ocorrendo no período da manhã, coloração com tons de roxo e amarelo (Figura 2.3), presença de linhas nectaríferas e grande produção de néctar e pólen permitem inferir que elas provavelmente coevoluíram com melitófilos, especificamente abelhas de grande porte como as dos gêneros *Epicharis* e *Xylocopa* (FAEGRI; PIJL, 1976; ENDRESS, 1994).

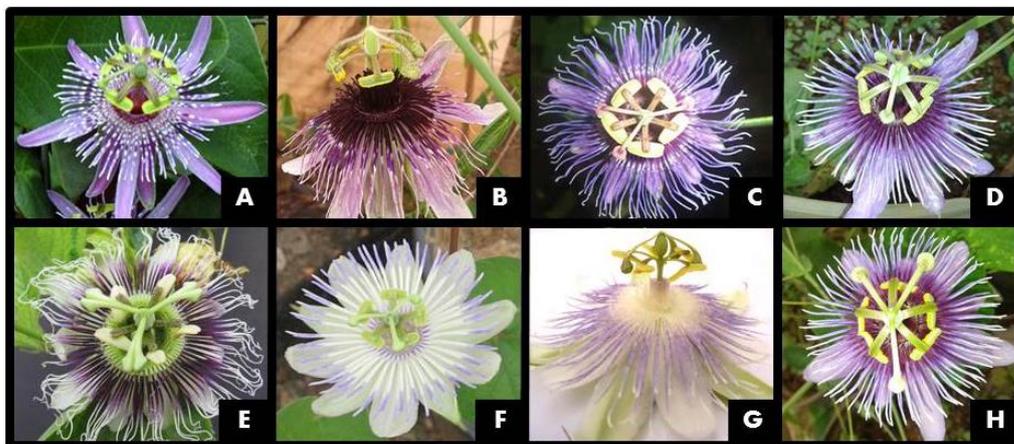


Figura 2.3. Maracujazeiros do Banco de Germoplasma Flor da Paixão (Grupo 2): (A) *P. miersii*; (B) *P. amethystina*; (C) *P. gardneri* (EMBRAPA, 2018a); (D) *P. amethystina*; (E) *P. edulis* amarelo; (F) *P. foetida* (EMBRAPA, 2018a); (G) *P. eichleriana* x *P. gibertii*; e (H) *P. amethystina*. Planaltina-DF, 2018.

As características florais das plantas do Grupo 3 como coloração predominante em tons alvos, flores de tamanho médio à pequeno e presença de linhas nectaríferas sutis (Figura 2.4) permitem inferir a possível ocorrência de autopolinização e coevolução com insetos pequenos como abelhas e vespas (FAEGRI; PIJL, 1976; ENDRESS, 1994).

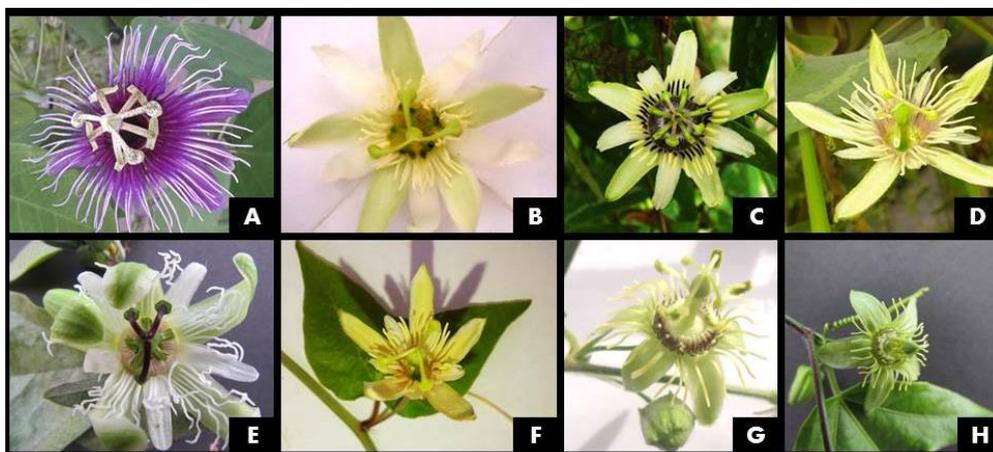


Figura 2.4. Maracujazeiros do Banco de Germoplasma Flor da Paixão (Grupo 3): (A) *P. amethystina*; (B) *P. malacophylla*; (C) *P. organensis* (EMBRAPA, 2018a); (D) *Passiflora* sp.; (E) *P. micropetala*; (F) *P. rubra*; (G e H) *P. suberosa*. Planaltina-DF, 2018.

De fato, algumas espécies como *P. suberosa*, *P. rubra* são autocompatíveis (KOSCHNITZKE; SAZIMA, 1997; ACIOLI, 2003; JUNQUEIRA et al., 2005; BENEVIDES, 2006; AMORIM et al., 2011), apresentando taxa de 50-67% de vingamento de frutos produzidos por flores autopolinizadas manualmente (ACIOLI, 2003; BENEVIDES, 2006; AMORIM et al., 2011) podendo ainda ocorrer a polinização através de vespas (KOSCHNITZKE; SAZIMA, 1997). A *P. suberosa* destaca-se ainda por apresentar acessos com resistência ao vírus do mosaico do maracujá roxo (OLIVEIRA et al., 1994). Não foram encontrados dados de compatibilidade das espécies citadas no parágrafo com a *P. edulis*, porém Conceição et al. (2013) relatam que há compatibilidade de *P. suberosa* com *P. foetida* e *P. tenuifila*.

O acesso CPAC MJ-13-05 de *P. amethystina* não se enquadra no perfil das demais passifloráceas do Grupo 3, suas flores são lilases e roxas, característica muito atrativa aos insetos melitófilos (KOSCHNITZKE; SAZIMA, 1997), sendo uma passiflora candidata à polinização por insetos menores que as mamangavas como as abelhas européias (*Apis mellifera*) que atualmente são consideradas pragas nos pomares de maracujazeiro azedo. Além disso, esta espécie apresenta outras características agrônomicas interessantes como resistência à antracnose em frutos e ramos (JUNQUEIRA et al., 2005), possui fruto comestível de excelente sabor e de razoável tamanho (5-7 x 2,3 cm) (SOUZA; MELETTI, 1996), e ainda têm o comportamento de frutificar entre os meses de julho e fevereiro, abrangendo a entressafra do maracujazeiro azedo (COPPENS, 2003). Devido a essas características importantes, acessos de *P. amethystina* têm sido utilizados em cruzamentos com o *P. edulis* Sims, nos programas de melhoramento de passifloras comerciais para produção de frutos e ornamentação, realizados na Embrapa (FALEIRO et al., 2014).

Destacam-se ainda as informações dos autores Janzen (1968), Faegri e Pijl (1976), Escobar (1985), Endress (1994), Koschnitzke e Sazima (1997), Varassin et al. (2001) e Machado (2009) a respeito das flores vermelhas serem mais atrativas aos pássaros da família *Trochilidae* (beija-flores), como é o caso dos acessos das espécies e dos híbridos de *P. coccinea* Aubl., *P. tholozanii* Sacco, *P. coccinea* X *P. setacea*, *P. speciosa* X *P. coccinea* e *P. quadriglandulosa*. Esta informação tem especial valor à comercialização de passifloras ornamentais como as cultivares de maracujazeiro BRS Estrela do Cerrado, BRS Rubiflora e BRS Roseflora (EMBRAPA, 2018b), por afastar o receio de cultivar essas plantas nas residências em que há restrições à presença de abelhas, principalmente quando apresentam pessoas alérgicas às suas toxinas.

As plantas do grupo 3 são importantes candidatas para ingressar nos programas de melhoramento de passifloras visando a diminuição do androginóforo para tornar a morfologia floral apta a ser polinizada por abelhas europeias, *Apis mellifera* (Figura 2.5). Porém, há necessidade de identificar a compatibilidade dessas espécies com outras do gênero, em especial com as de mais amplo uso comercial como *P. edulis*, *P. alata*, *P. cincinnata* e *P. setacea*.



Figura 2.5. Flor de *Passiflora malacophylla* sendo visitada por abelha *Apis mellifera*, Planaltina-DF, 2017.

2.4 CONCLUSÕES

Foram verificadas diferenças na altura do androginóforo de flores de diferentes espécies do gênero *Passiflora* e uma associação desta altura com a cor predominante das flores e seus potenciais polinizadores. Ficou evidenciado também, a possibilidade de utilizar espécies e híbridos de maracujazeiro com androginóforo curto em programas de melhoramento que visem transferir esta característica para o maracujazeiro azedo comercial, possibilitando a polinização diferentes tipos de abelhas.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, M. F. **Ecologia da polinização de *Passiflora suberosa* Linnaeus (Passifloraceae)**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 2003. p. 82. Tese Doutorado.

AMORIM, J. S.; SOUZA, M. M.; VIANA, A. J. C. ; FREITAS, J. C. O. Self-, cross- and interspecific pollinations in *Passiflora capsularis* and *P. rubra*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 4, p. 537-544, 2011.

BENEVIDES, C.R. **Biologia floral e polinização de Passifloraceae nativas e cultivadas na região Norte Fluminense-RJ**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 81, 2006. Dissertação de Mestrado.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SANTOS, T. M.; PASSILONGO, J. *Trigona spinipes* (Fabr.) (Hymenoptera: Apidae) em espécies de maracujazeiro: flutuação populacional, horário de visitação e danos às flores. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 2, p. 135-139, 2004.

BUZATO, S; FRANCO, A. L. M. *Tetrastylis ovalis*: a second case of bat-pollinated passionflower (Passifloraceae). **Plant Systematics and Evolution**, v.181, p. 261-267, 1992.

CAMILLO, E. **Polinização do Maracujá**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 44 p., 2003.

CARVALHO, A. M.; TEÓFILO, S. Efeito nocivo de *Apis mellifera* L. na produção do maracujazeiro. In: **II Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa. Anais do **II Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, p. 421-424, 1973.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta geográfica**, v.8, n.16, p. 40-55, 2014.

CERVI, A.C. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora*. **Fontqueria**, v. 45, n.1, p. 1-92, 1997.

CONCEIÇÃO, L. M. da S.; BASTOS, E. dos S.; DIVINO, A. do A.; CONCEIÇÃO, M. L.; MACHADO, C. de F. Determinação da compatibilidade genética entre espécies de passifloras visando à obtenção de híbridos. Embrapa Mandioca e Fruticultura. In: VII Jornada Científica Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas. **Anais Jornada Científica Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, Cruz das Almas, 2013. Publicação online. 2013.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G. Exploração da diversidade genética de passifloras. Sexto Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Maracujazeiro, Campos dos Goytacazes. **Anais Sexto Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Maracujazeiro**, Campos dos Goytacazes, 25 p. 2003.

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

D'AVILA, M. Polinização Entomófila. In: CANTARELLI, E. B.; COSTA, E. C. (Eds.). **Entomologia Florestal Aplicada**. Santa Maria, RS: Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia - Editora UFSM, 2016, p.256.

EMBRAPA. Embrapa Cerrados. **Imagens de alguns acessos do BAG Flor da Paixão**. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/imagensbag/>>. Acesso em: 16 fev. 2018a.

EMBRAPA. Embrapa Cerrados. **Memória do Lançamento dos Híbridos de Maracujazeiro Ornamental**. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/lancamentoornamental/>>. Acesso em: 20 fev. 2018b.

ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 511 p.

FALEIRO, F.G; JUNQUEIRA, N.T.V.; COSTA, A.M.; JESUS, O.N.; MACHADO, C.F.; PEIXOTO, J.R.; BRAGA, M.F. Pré-melhoramento das Passifloras: a base para o desenvolvimento de novas cultivares de maracujazeiro azedo, doce, ornamental e funcional-medicinal. In: **III Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, Santos**. Anais da Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, Santos, SP. n. 357, 2014.

ESCOBAR, L. A. Biología reproductiva de *Passiflora manicata* e hibridación com la curuba, *Passiflora mollissima*. **Actualidades Biológicas**, v.14, p.111-121, 1985.

FAEGRI, K.; PIJL, L. VAN DER. **Principles of Pollination Ecology**. 2ed. Oxford: Pergamon Press, 1971. 291p.

FREITAS, B.M.; PAXTON, B.M. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, p. 109-121. 1998.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, S. B.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GRISI, J. C. Falta de polinização, a principal causa da queda excessiva de flores nos maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) na região de Votuporanga. In: II Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, 1973. p. 433-436.

JANZEN, D. Reproductive behavior in the Passifloraceae and some of its pollinators in Central America. **Behaviour**, v.32, p. 33-48, 1968.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. **Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de**

resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.) Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81 -108.

KOSCHNITZKE, C; SAZIMA, M. Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) em mata semi-decídua. **Revista Brasileira de Botânica**, v.20, p.119-126, 1997.

MACHADO, C. G. Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus recursos florais em uma área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Zoologia**, v. 26, n. 2, p. 255-265, 2009.

MALERBO-SOUZA, D.T.; NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-Rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 237-242. 2003.

MARCO JR., P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures's pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1245-1255, 2004.

MARIATH, J. E. A.; AYUB, D. M. Estruturas Reprodutoras das Angiospermas e Adaptações para Polinização. In: **II Jornada de Estudos sobre interações animais/plantas e manejo integrado de pragas, Ijuí**. Resumo expandido, p. 26-28, 1994.

MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO G. A. R. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007, 1058p.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; CENTURION, M. A. P. C.; RUGGIERO, C.; FERREIRA, F. R.; MAURO, A. O.; SACRAMENTO, C. K. Avaliação de Passifloráceas quanto à morte prematura de plantas. In: **XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, (Resumo 347) p.827, 1994.

OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. Principais pragas do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger) e seu Manejo. Embrapa Cerrados, **Documentos 323**, p.2, 2014.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e conseqüências para polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.33, p. 109-118, 1989.

SIQUEIRA, K. M. M.; KILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009.

SOUZA, J.S.I. e MELETTI, L.M.M. **Maracujá: espécies, variedades, cultivo**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 179p.

VARASSIN, I. G; TRIGO, J. R; SAZIMA, M. The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 136, p.139-152, 2001.

VIANA, B. F.; SILVA, F. O.; ALMEIDA, A. M. Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C (coord.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 207-254.

VIEIRA, P.F.S.P.; CRUZ, D. O.; GOMES, M.F.M.; CAMPOS, L.A.O.; LIMA, J.E. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v.15, p.43-53, 2010.

YAMASHIRO, T. Comparação de dois métodos de polinização artificial do maracujazeiro amarelo – *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa*. In: VI Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, 1981, p. 990-994.

CAPÍTULO 3 – FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES SILVESTRES E HÍBRIDOS DE *Passiflora*

RESUMO

Espécies silvestres de maracujazeiro possuem características que poderiam ser utilizadas na passicultura, dentre elas a produção de frutos na entressafra do maracujazeiro azedo. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a fenologia da produção de botões florais, flores e frutos em espécies silvestres cultivadas no Cerrado do Planalto Central. Para cada acesso, uma faixa de 1 metro de espaldeira (2 m²) foi avaliada quanto à presença de botões florais, flores e frutos de janeiro de 2015 a dezembro de 2016. Verificou-se a presença de maracujazeiros silvestres e híbridos que produzem estruturas reprodutivas no período de entressafra do maracujazeiro azedo, sendo eles: BRS Céu do Cerrado (*P. incarnata* x *P. edulis*), *P. alata* Curtis, *P. bahiensis* Klotzsch, *P. coccinea* Aubl., *P. maliformis* L., *P. quadriglandulosa* Rodschied, , *P. auriculata* Kunth, *P. decaisneana* G. Nicholson, *P. sidifolia* M. Roem., *P. suberosa* L., *P. tholozanii* Sacco, *P. quadrangularis* x *P. alata*. Verificou-se também a presença de espécies e híbridos com elevado potencial ornamental devido à beleza de suas flores e produção das mesmas durante o ano inteiro, sendo elas: *P. suberosa* L., *P. tholozanii* Sacco, *P. coccinea* x *P. setacea*, *P. coccinea* x *P. quadrifaria*. Estas espécies e híbridos possuem elevado potencial para os programas de melhoramento de passifloráceas como fonte de genes de interesse.

Palavras-chave: maracujá, pré-melhoramento, ornamental, entressafra.

ABSTRACT
**PHENOLOGY OF THE PRODUCTION OF FLOWERS AND FRUITS OF WILD
AND HYBRID SPECIES OF THE GENUS *Passiflora***

Wild species of passion fruit have characteristics that could be used in the passiflora culture, among them the production of fruits in the off season of the sour passion fruit. The objective of this work was to evaluate the phenology of flowers and fruits production in wild species cultivated at Brazilian Savanna Central Region Cerrado. For each access, a 1-meter-long strip (2 m²) was evaluated for the presence of flowers and fruits from January 2015 to December 2016. For each access, a 1-meter-long strip (2 m²) was evaluated for the presence of flowers and fruits from January 2015 to December 2016. The wild species and hybrid of passiflora that produce floral buds, flowers and fruits during the off-season of passion fruit sour are: BRS Céu do Cerrado (*P. incarnata* x *P. edulis*), *P. alata* Curtis, *P. bahiensis* Klotzsch, *P. coccinea* Aubl., *P. maliformis* L., *P. quadriglandulosa* Rodschied, *P. auriculata* Kunth, *P. decaisneana* G. Nicholson, *P. sidifolia* M. Roem., *P. suberosa* L., *P. tholozanii* Sacco, *P. quadrangularis* x *P. alata*. It was also verified the presence of species and hybrids with high ornamental potential due to the beauty of their flowers and their production during the whole year, being: *P. suberosa* L., *P. tholozanii* Sacco, *P. coccinea* x *P. setacea*, *P. coccinea* x *P. quadrifaria*. These species and hybrids have high potential for passiflora breeding programs as source of interest genes.

Keywords: passion fruit, pre-breeding, ornamental, off season production.

3.1 INTRODUÇÃO

A espécie de maracujá mais cultivada no país (*Passiflora edulis* Sims, maracujá azedo) possui características fenológicas que provocam sazonalidade da produção nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Este fato pode ser apontado como um dos importantes aspectos da cultura a ser superado pelo melhoramento genético.

O maracujazeiro azedo é uma planta de dia longo e necessita de um fotoperíodo superior à 11 h e 20 minutos para emitir botões florais (WATSON; BOWERS, 1965; MENZEL; SIMPSON, 1988; CAVICHIOLI, 2009). Abaixo da faixa de 15° de Latitude Sul, essa condição não é atendida de Maio a Agosto e gera entressafra no segundo semestre do ano, período em que a oferta diminui e os preços tendem a se elevar.

Outros fatores ambientais são apontados como potencializadores da sazonalidade como: temperaturas abaixo de 15°C por induzir queda de botões florais (PIZA JÚNIOR, 1991; JUNQUEIRA et al., 2001); deficiência hídrica por induzir queda de botões florais (TEIXEIRA, 1994; MELETTI, 1995); e ainda baixa umidade relativa do ar e ausência de agentes polinizadores no campo, dificultando o processo de polinização e fertilização da flor do maracujazeiro, processo crucial para o enchimento dos frutos e adequada produção.

Além da possibilidade de selecionar indivíduos de *P. edulis* insensíveis ao fotoperíodo, há também a alternativa de selecionar indivíduos de outras espécies do gênero *Passiflora*, com a vantagem de agregar, ao mesmo tempo, resistências a fatores bióticos e abióticos presentes nas várias espécies silvestres do gênero (JUNQUEIRA et al., 2005; JUNQUEIRA et al., 2006). Portanto, é real a oportunidade de identificar espécies de passifloras com produção na entressafra do maracujazeiro azedo tanto para inserir esta característica em programas de melhoramento de maracujazeiros comerciais como também para iniciar e dar continuidade ao programa de melhoramento de espécies silvestres (FALEIRO et al., 2015). Neste trabalho, objetivou-se estudar a fenologia da floração e da frutificação de espécies silvestres e híbridos do gênero *Passiflora* na região do Cerrado do Planalto Central do Brasil.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de janeiro de 2015 a dezembro de 2016 na Unidade de Apoio da Fruticultura da Embrapa Cerrados localizada em Planaltina-DF, que tem como coordenadas geográficas: 15°36'11''S, 47°43'12''W e 1007 metros de altitude. O clima da região é classificado como do tipo Aw Tropical segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014) e os dados de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar durante a execução do experimento estão apresentados nas figuras 3.1 e 3.2.

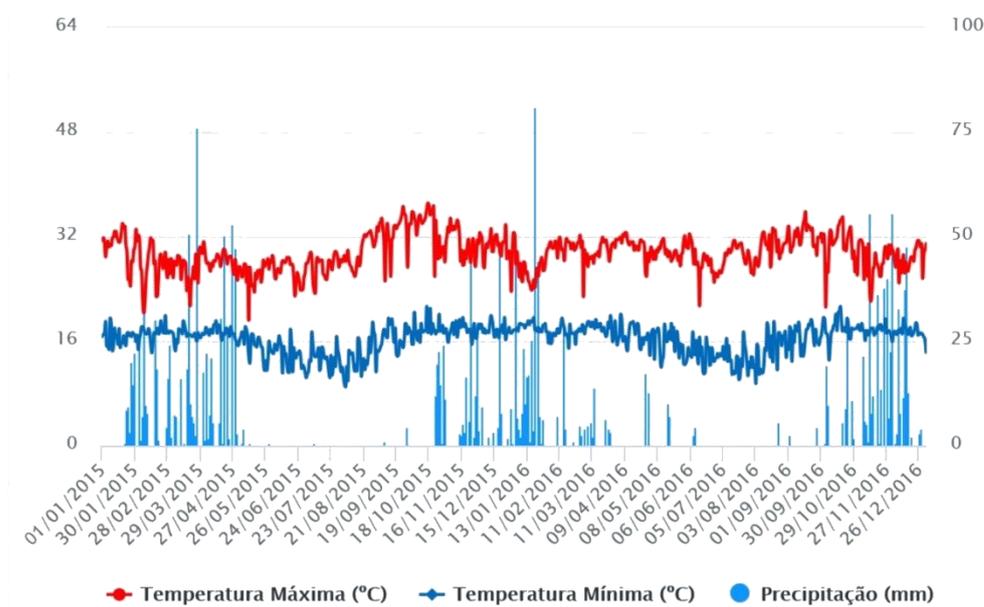


Figura 3.1. Precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima de 2015 a 2016. Planaltina-DF.

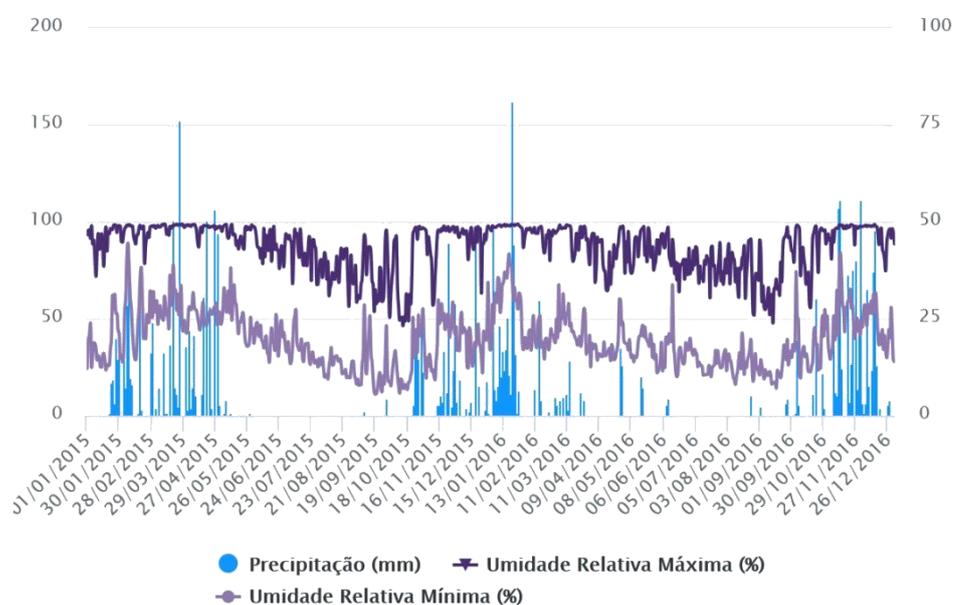


Figura 3.2. Precipitação, umidade relativa do ar máxima e mínima de 2015 a 2016. Planaltina-DF.

O solo do local do experimento é um Latossolo Vermelho de textura franco argilosa com elevados níveis de fósforo e potássio, e adequada relação entre Ca e Mg conforme está descrito na Tabela 3.1. Foi realizada adubação de plantio e de cobertura conforme preconizado para a cultura do maracujazeiro azedo no Centro-Oeste (SANZONOWICZ et al., 2000). Foi utilizada irrigação por gotejamento com turno de rega de 2 a 4 dias (dependendo da fase da cultura e da ocorrência de chuvas), sendo que cada planta recebeu aproximadamente 30 litros de água a cada irrigação.

Tabela 3.1. Resultados da análise de solo da área experimental, 2014.

pH (H ₂ O)	Al (ppm)	P _{Mehlich} (ppm)	K (ppm)	Ca (meq/cm ³)	Mg (meq/cm ³)	H + Al (meq/cm ³)	M.O. (%)
6,4	0,0	47,7	170,0	3,8	1,2	2,8	2,4

Foram avaliados 34 acessos do gênero *Passiflora* do Banco Ativo de Germoplasma 'Flor da Paixão' (Tabela 3.2). As plantas de cada acesso conservadas *in vivo* foram clonadas via estaquia para produção das mudas. Oito mudas de cada acesso foram cultivadas a campo em espaldeiras verticais de dois arames com aproximadamente dois metros de altura. Todas as plantas receberam tratamentos culturais rotineiramente de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do maracujazeiro azedo.

Para cada acesso foi avaliada mensalmente uma faixa de 1 metro de comprimento por 2 metros de altura (2 m²) quanto à presença de botões florais, flores e frutos. Os dados foram analisados por meio de estatísticas descritivas através de uma modificação do gráfico de GANNT para presença ou ausência de flores e frutos.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies e híbridos de maracujazeiros que produziram botões florais, flores e frutos no período da entressafra do maracujazeiro azedo na região do Distrito Federal (agosto a novembro) são: BRS Céu do Cerrado (*P. incarnata* x *P. edulis*), *P. alata* Curtis, *P. bahiensis* Klotzsch, *P. coccinea* Aubl., *P. maliformis* L., *P. quadriglandulosa* Rodschied, *P. auriculata* Kunth, *P. decaisneana* G. Nicholson, *P. sidifolia* M. Roem., *P. suberosa* L., *P. tholozanii* Sacco e *P. quadrangularis* x *P. alata* (Tabela 3.2).

A cultivar BRS Céu do Cerrado (*P. incarnata* x *P. edulis*) produziu flores e botões florais no mês de julho (Tabela 3.2), o mais crítico para o maracujá azedo na região do Distrito Federal, pois além do fotoperíodo reduzido apresenta baixas temperaturas e umidade relativa do ar (Figura 3.1 e 3.2) que reduzem a viabilidade polínica e provocam o aborto de botões florais, flores e frutos. A produção de flores e botões florais neste período e de frutos nos meses de julho, agosto e setembro pode ser atribuída às características de resistência ao frio (até -16°C) que a *P. incarnata* L. apresenta (WINKS et al. 1988; VANDERPLANK, 1991). Híbridações entre as duas espécies feitas por outros autores apresentaram características interessantes como resistência ao frio (WINKS et al., 1988), resistência ao *Passionfruit woodiness virus* (PWV) (WINKS et al., 1988) e presença de polpa adocicada em frutos de boa qualidade comercial (SENER et al., 1993).

Os acessos da espécie *P. alata* Curtis (CPAC – MJ-02-17, CPAC – MJ-02-09, CPAC – MJ-02-19) apresentaram produção de botões florais e flores nas épocas do ano de menor fotoperíodo e menor temperatura (junho a agosto) (Figura 3.1), com produção de frutos nos dois meses subsequentes (setembro a outubro) que é o meio da entressafra do maracujazeiro azedo (Tabela 3.2). Esta espécie é compatível com várias espécies de passifloras como: *P. setacea*, *P. mucronata*, *P. galbana*, *P. edulis* Sims e *P. quadrangulares* (SOUSA et al., 2008). Esta característica a torna potencial fonte de genes para produção na entressafra como pode ser verificado no híbrido de *P. quadrangularis* x *P. alata* (CPAC MJ-H-44) que provavelmente herdou a característica de produção na entressafra do *P. alata* já que *P. quadrangularis* L. (CPAC MJ-07-03) não produziu frutos de agosto a novembro (Tabela 3.2).

O acesso CPAC MJ-58-01, *P. maliformis* L., apresentou intensa produção na entressafra, mostrando-se insensível ao fotoperíodo e a temperaturas baixas. Na Embrapa Cerrados, há trabalhos de melhoramento genético desta espécie desde o ano de 2000,

utilizando a seleção recorrente a partir de vários acessos coletados na região do Cerrado e da Amazônia dos Estados de Roraima e Rondônia (TELES et al., 2012; SILVA, 2017). O objetivo do melhoramento da espécie tem sido no sentido de aumentar a produtividade, obter frutos maiores, mais doces e com casca mais fina e maior rendimento de polpa, além da maior adaptação ao Cerrado e resistência a doenças como antracnose, virose e fusariose (TELES et al., 2012; SILVA, 2017).

A espécie *P. coccinea* apresenta compatibilidade com maracujazeiros comerciais como *P. edulis* Sims e *P. alata* Curtis, gerando sementes viáveis nesses cruzamentos (JUNQUEIRA et al., 2008). Nos resultados deste trabalho verificou-se que o acesso CPAC MJ-08-05 apresenta produção de botões florais, flores e frutos no período de entressafra do maracujazeiro azedo. Faleiro et al. (2011) relatam que em condições ambientais do Centro Oeste brasileiro a *P. coccinea* se comporta como planta de dia curto, florescendo nas épocas do ano em que o dia tem menor duração (maio, junho e julho) com colheita ocorrendo nos meses de agosto a outubro. O acesso CPAC MJ-08-05 apresentou produção de frutos em diversos meses do ano, enquanto o acesso CPAC MJ-08-01 apresentou concentração da produção de frutos nos meses de maio, junho, outubro e novembro (Tabela 3.2). Além disso, a espécie *P. coccinea* apresenta outras características que a torna uma ótima fonte de genes de interesse como a resistência à bacteriose e à antracnose (FALEIRO et al., 2011).

Poucas informações foram encontradas a respeito da *P. quadriglandulosa* Rodschied. Das suas utilizações, destaca-se apenas o uso medicinal segundo Martin e Nakasone (1970). Sua produção foi localizada nos meses de setembro e outubro, apesar de ter produzido flores e botões florais nos primeiros três meses do ano de 2015 nenhum fruto vingou, evidenciando que alguma condição não foi atendida para frutificação nesta época.

P. auriculata Kunth apresentou florações e frutificações concentradas em períodos de um mês várias vezes ao ano, dentre eles na entressafra do maracujazeiro azedo no ano de 2015 (Tabela 3.2). Não foram encontradas informações sobre sua compatibilidade com espécies de maracujazeiros comerciais e sobre resistência às doenças do maracujazeiro. Destaca-se na qualidade dos frutos que apesar de pequenos são muito apreciados pelo sabor adocicado nos seus locais de origem, da Nicarágua até a Amazônia peruana, boliviana e brasileira (VÁSQUEZ; COIMBRA, 1996).

P. tholozanii Sacco apresentou botões florais e floração em praticamente todos os meses de janeiro de 2015 a dezembro de 2016 (Tabela 3.2). Na sua região de origem, nos Estados do

Amazonas, Pará, Amapá e Mato Grosso, ela floresce de agosto a novembro e frutifica de novembro a fevereiro (CERVI; DUNAISKI JÚNIOR, 2004).

Os acessos CPAC MJ-35-01 e CPAC MJ-35-02 ambos da espécie *P. suberosa* produziram botões florais, flores e frutos durante vários meses do ano, com destaque para o segundo acesso que apresentou produção ininterrupta das estruturas citadas durante o período da avaliação. Não foram encontrados dados na literatura sobre sua compatibilidade com espécies comerciais. Esta espécie pode ser uma importante fonte de recurso genético para os programas de melhoramento de passifloráceas, pois além de não apresentar acentuada sazonalidade é também autocompatível (ACIOLI, 2003). Essa é uma característica interessante por aumentar a taxa de frutificação, reduzir a mão de obra com polinização artificial e impactos negativos das abelhas de pequeno porte (ACIOLI, 2003; FALEIRO et al., 2011).

Não foram encontradas informações sobre a biologia das espécies *P. decaisneana* G. Nicholson e *P. sidifolia* M. Roem evidenciando a necessidade e a oportunidade de estudos sobre essas espécies por ambas apresentarem produção de flores e frutos de junho a dezembro, período de entressafra do *P. edulis* Sims.

Verificou-se ainda que as espécies e híbridos *P. coccinea* Aubl., *P. suberosa* L., *P. coccinea* x *P. setacea*, *P. coccinea* x *P. quadrifaria* e *P. tholozanii* Sacco produzem flores durante todos os meses do ano (Tabela 3.2).

Os híbridos *P. coccinea* x *P. setacea* (CPAC MJ-H-01) e *P. coccinea* x *P. quadrifaria* (CPAC MJ-H-50) produziram flores durante o ano inteiro com a peculiaridade de a primeira não produzir frutos enquanto a segunda produziu frutos em apenas alguns meses mesmo com a produção de flores ter ocorrido por vários meses, talvez devido à auto-incompatibilidade e pelo fato de serem híbridos interespecíficos.

Tabela 3.2. Produção de botões florais, flores (em verde) e frutos (em vermelho) por acessos do gênero *Passiflora* nas condições do Cerrado do Planalto Central do Brasil, Planaltina-DF, 2015 - 2016.

Espécie / Híbrido	Código	2015												2016											
		J	F	M	A	M	J	J	A*	S*	O*	N*	D	J	F	M	A	M	J	J	A*	S*	O*	N*	D
<i>P. actinia</i>	CPAC MJ-04-03																								
<i>P. alata</i>	CPAC MJ-02-09																								
<i>P. alata</i>	CPAC MJ-02-17																								
<i>P. alata</i>	CPAC MJ-02-19																								
<i>P. ambigua</i>	CPAC MJ-49-01																								
<i>P. auriculata</i>	CPAC MJ-61-01																								
<i>P. bahiensis</i>	CPAC MJ-59-01																								
<i>P. careulea</i>	CPAC MJ-14-01																								
<i>P. cerradensis</i>	CPAC MJ-45-01																								
<i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-08-01																								
<i>P. coccinea</i>	CPAC MJ-08-05																								
<i>P. coccinea</i> x <i>P. setacea</i>	CPAC MJ-H-01																								
<i>P. coccinea</i> x <i>P. quadrifaria</i>	CPAC MJ-H-50																								
<i>P. decaisneana</i>	CPAC MJ-60-01																								
<i>P. hatschbachii</i>	CPAC MJ-50-01																								
<i>P. incarnata</i> x <i>P. edulis</i>	BRS CC																								
<i>P. malacophylla</i>	CPAC MJ-43-01																								
<i>P. maliformis</i>	CPAC MJ-58-01																								
<i>P. nitida</i>	CPAC MJ-01-03																								
<i>P. nitida</i>	CPAC MJ-01-20																								
<i>P. organensis</i>	CPAC MJ-51-01																								
<i>P. organensis</i>	CPAC MJ-51-01																								
<i>P. quadrangularis</i>	CPAC MJ-07-03																								
<i>P. quadrangularis</i> x <i>P. alata</i>	CPAC MJ-H-44																								
<i>P. quadriglandulosa</i>	CPAC MJ-62-01																								
<i>P. quadriglandulosa</i>	CPAC MJ-62-02																								
<i>P. riparia</i>	CPAC MJ-63-01																								
<i>P. riparia</i>	CPAC MJ-63-02																								
<i>P. riparia</i>	CPAC MJ-63-03																								
<i>P. sidifolia</i>	CPAC MJ-16-02																								
<i>P. suberosa</i>	CPAC MJ-35-01																								
<i>P. suberosa</i>	CPAC MJ-35-02																								
<i>P. tholozanii</i>	CPAC MJ-65-03																								

* meses que represenam o período da entressafra do maracujazeiro azedo no DF. Obs: As células sombreadas na coloração cinza indicam a morte das plantas avaliada.

3.4 CONCLUSÕES

As espécies e híbridos BRS Céu do Cerrado (*P. incarnata* x *P. edulis*), *P. alata* Curtis, *P. bahiensis* Klotzsch, *P. coccinea* Aubl., *P. maliformis* L., *P. quadriglandulosa* Rodschied, , *P. auriculata* Kunth, *P. decaisneana* G. Nicholson, *P. sidifolia* M. Roem., *P. suberosa* L., *P. tholozanii* Sacco, *P. quadrangularis* x *P. alata* possuem elevado potencial para os programas de melhoramento de passifloráceas como fonte de genes que permitem a produção no período da entressafra do *P. edulis* Sims.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, M. F. **Ecologia da polinização de *Passiflora suberosa* Linnaeus (Passifloraceae)**. 2003. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p.82. Tese Doutorado.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta geográfica**, v.8, n.16, p. 40-55, 2014.

CAVICHOLI, J. C. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.92-96, 2009.

CERVI, A.C.; DUNAISKI JR., A. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Distephana* (Juss.) Killip. **Revista Estudos de Biologia**, v. 26, n. 55, p.45-67, 2004.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; OLIVEIRA, E. J.; PEIXOTO, J. R.; COSTA, A. M. Germoplasma e Melhoramento Genético do Maracujazeiro – histórico e perspectivas. **Documentos (Embrapa Cerrados)**, v. 307, p. 36, 2011.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; COSTA, A.M. Ações de pesquisa e desenvolvimento para o uso diversificado de espécies comerciais e silvestres de maracujá (*Passiflora* spp.). **Documentos (Embrapa Cerrados)**, v.329, p.26, 2015.

JUNQUEIRA, N. T. V.; VERAS, M.C. M.; CHAVES, E. C. Manejo da floração do Maracujazeiro. **Recomendação Técnica (Embrapa)**, v.45, p.1-3, 2001.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 81-108.

JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. Uso de espécies silvestres de *Passiflora* no pré-melhoramento do maracujazeiro. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G. (Ed.) **Curso Internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília: Embrapa, 2006. p. 133-137.

JUNQUEIRA, K. P.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G.; RAMOS, J. D.; BRAGA, M. F.; SOUZA, L. S. Confirmação de híbridos interespecíficos artificiais no gênero *passiflora* por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p. 191-196, 2008.

MARTIN, F. W.; NAKASONE, H. Y. The edible species of *Passiflora*. **Economic Botanic**, v.24, n.3, p.333-343, 1970.

MELETTI, L.M.M. Maracujá: produção e comercialização no Estado de São Paulo. **Boletim Técnico (IAC)**, v.158, p. 22, 1995.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R. Effect of continuous shading on growth, flowering and nutrient uptake of passionfruit. **Scientia Horticulturae**, v.35, n.1, p.77-78, 1988.

PIZA JÚNIOR, C. T. **A cultura do maracujá**. Campinas: CATI, 1991. 71p.

SANZONOWICZ, C.; ANDRADE, L. R. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. Adubação de maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Recomendações Técnicas, 4). 2000. 1p.

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

SILVA, C. N. **Fenologia de espécies silvestres de maracujazeiro e caracterização morfoagronômica e molecular de progênies de meio-irmãos de maracujá maçã (*Passiflora maliformis* L.)**. Brasília: Universidade de Brasília. 2017. p. 98. Dissertação Mestrado.

SOUZA, L. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; LIMA, C. A.; SILVA, D. G. P.; FALEIRO, F. G.; CAMPOS NETO, F. CORREA; BERNACCI, L. C. Determinação da compatibilidade genética entre espécies de passifloras visando à obtenção de híbridos resistentes a doenças. In: **Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Brasília**. Anais do II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Brasília, 2008. Disponível em: <[http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio%20em%20pc210%20\(Pc210\)/fichas/00609_trab1_ficha.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio%20em%20pc210%20(Pc210)/fichas/00609_trab1_ficha.pdf)>. Acesso em: 02 de abril de 2017.

TEIXEIRA, C. G. I. **Maracujá: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ª ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1994. p. 367.

TELES, D. A. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; GOLÇALVEZ, M. G. S.; BRAGA, M. F.; ABRANTES, P. H. R. Características físicas e químicas de oito genótipos de *Passiflora maliformis* Linn. cultivados no Distrito Federal. In: **XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Bento Gonçalves**. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Bento Gonçalves, 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/941149/1/CD416_Nilton11.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2017.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers and passion fruit**. London: Cassel, 1991. 176p.

VÁSQUEZ, R., COIMBRA, G. **Frutas silvestres comestibles de Santa Cruz**. Santa Cruz: Gobierno Municipal de Santa Cruz de la Sierra, 1996. 267p.

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

WINKS, C.W., MENZEL, C.M., SIMPSON, D.R. Passionfruit in Queensland - Botany and cultivars. **Queensland Agriculture Journal**, v.114, n. 4, p. 217-224, 1988.

CAPÍTULO 4 - INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE CARPELOS NA QUALIDADE FÍSICA DOS FRUTOS DE MARACUJAZEIRO AZEDO

RESUMO

O carpelo é a estrutura reprodutiva feminina composta por um conjunto de estigma, estilete e ovário. Normalmente as flores de maracujá possuem três carpelos, porém, algumas flores de algumas cultivares apresentam essa estrutura em maior quantidade. Neste trabalho, objetivou-se identificar relações entre o número de carpelos e as características físicas dos frutos de maracujazeiro. Para isso, foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro experimento, flores com três, quatro e cinco carpelos de plantas obtidas a partir de hibridações intraespecíficas e retrocruzamentos entre acessos de *P. edulis* foram marcadas, polinizadas e os frutos colhidos a partir destas flores foram analisados. As características mensuradas por fruto foram: diâmetro transversal, diâmetro longitudinal, massa dos frutos, massa da polpa, massa das sementes, número de sementes, espessura e massa do pericarpo. Foram utilizadas quatro repetições, sendo cada repetição a média de três frutos. No segundo experimento foram realizadas 10 repetições por tratamento (flores com três e quatro carpelos) sendo cada parcela a média de três frutos da cultivar BRS Gigante Amarelo. Os frutos foram obtidos de flores polinizadas manualmente e marcadas para posterior avaliação dos frutos quanto ao diâmetro transversal, diâmetro longitudinal, espessura do pericarpo, massa dos frutos, massa da polpa, rendimento de polpa, número de sementes e massa das sementes. Em ambos os experimentos os dados foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. No primeiro experimento o número de carpelos afetou todas as características analisadas, exceto a espessura da casca e massa da polpa. De um modo geral, os frutos oriundos de flores com cinco carpelos apresentaram resultados inferiores aos frutos com três e quatro. No segundo experimento os frutos gerados por flores com quatro carpelos foram 18,30% mais pesados, sua polpa foi em média 20,75% mais pesada, apresentaram diâmetro transversal 7,53% superior ao de frutos gerados por flores com três carpelos. O mesmo acréscimo foi identificado quanto ao número de sementes e a massa das sementes por fruto que aumentaram 18,85% e 52,42%, respectivamente. Este resultado indica que flores da cv. BRS Gigante Amarelo com quatro carpelos geram frutos, polpa e sementes mais pesados com formato mais arredondado.

Palavras-chave: *Passiflora*, melhoramento genético, biologia floral.

ABSTRACT

CARPELS NUMBER IN THE PHYSICAL QUALITY OF SOUR PASSION FRUIT

The carpel is the female reproductive structure composed of a set of stigma, style and ovary. Normally passion fruit flowers have three carpels, however, some flowers of some cultivars have this structure in greater quantity. In this work, the objective was to identify relationships between the number of carpels and the physical characteristics of passion fruit. For this, two experiments were carried out in a completely randomized design. In the first experiment, flowers with three, four and five carpels of plants obtained from intraspecific hybridizations and backcrosses between accessions of *P. edulis* were marked, pollinated and fruits harvested from these flowers were analyzed. The characteristics measured by fruit were: transverse diameter, longitudinal diameter, fruit mass, pulp mass, seed mass, number of seeds, thickness and pericarp mass. Four replicates were used, with each replicate averaging three fruits. In the second experiment, 10 replicates per treatment (flowers with three and four carpels) were performed, each plot being the average of three fruits of the cultivar BRS Gigante Amarelo. The fruits were obtained from manually pollinated flowers and marked for later evaluation of the fruits in terms of transverse diameter, longitudinal diameter, pericarp thickness, fruit mass, pulp mass, pulp yield, number of seeds and seed mass. In both experiments the data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at 5% of probability. In the first experiment the number of carpels affected all the analyzed characteristics, except the thickness of the pericarp and mass of the pulp. In general, the fruits with five carpels were inferior to the fruits with three and four. In the second experiment the fruits generated by flowers with four carpels were 18.30% heavier, their pulp was on average 20.75% heavier, presented transverse diameter 7.53% superior to that of fruits generated by flowers with three carpels. The same increase was identified for the number of seeds and the mass of the seeds per fruit, which increased 18.85% and 52.42%, respectively. This result indicates that cv. BRS Gigante Amarelo with four carpels generate heavier fruits, pulp and seeds with a more rounded shape.

Keywords: *Passiflora*, plant breeding, flower biology.

4.1 INTRODUÇÃO

As espécies de maracujá pertencem à família Passifloraceae que é composta por 36 gêneros, sendo que o *Passiflora* apresenta a maior expressividade, com 534 espécies aceitas (THE PLANT LIST, 2013; FLORA DO BRASIL, 2016). O maracujazeiro-azedo ou maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) é o mais cultivado no Brasil. A espécie possui programas de melhoramento genético públicos e privados pelo país com o intuito de gerar cultivares mais produtivas e resistentes a doenças e pragas (FALEIRO et al., 2005; JESUS et al., 2017).

Elevar a produtividade sempre é uma meta dos melhoristas, fato fundamental para o crescimento da cultura do maracujá no Brasil (MELETTI, 2011). Portanto, identificar acessos de passifloráceas que apresentem características que contribuam para melhorar a produtividade é de grande importância para os programas de melhoramento genético e principalmente para a cadeia produtiva do maracujazeiro. Neste sentido, acredita-se que o número de carpelos da flor esteja associado ao tamanho do fruto e produção de polpa, já que o fruto das plantas do gênero *Passiflora* (maracujás) origina-se a partir do desenvolvimento do ovário após a fecundação dos óvulos.

A maioria dos maracujazeiros apresentam flores com três conjuntos de estiletos e estigmas que iniciam no centro superior do ovário súpero, unilocular com três placentas parietais (CERVI, 1997). Porém, há acessos de *P. edulis* que apresentam flores com quatro e cinco conjuntos de placentas parietais, estiletos e estigmas (ESASHIKA et al., 2017). Cada conjunto deste compõe um carpelo.

Os estudos correlacionando a morfologia floral e as características físicas do fruto de maracujá ainda são incipientes, sendo uma área de estudo promissora para a geração de cultivares que produzam frutos maiores e possam ser mais produtivas. Acredita-se que tal correlação tenha um efeito da população de melhoramento genético e do acesso ou da cultivar analisada. Nesse trabalho, objetivou-se avaliar a influência da quantidade de carpelos da flor na qualidade dos frutos de maracujazeiro-azedo *Passiflora edulis* Sims.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Primeiro experimento – População de melhoramento

O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Cerrados (Planaltina-DF) no ano de 2015, em região com clima do tipo Aw Tropical segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014).

As plantas foram conduzidas em sistema de espaldeira com um fio de arame; irrigação por microaspersão; adubações de plantio e cobertura; podas de formação e produção de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do maracujazeiro azedo (SANZONOWICZ et al., 2000; JUNGHANS; JESUS, 2017).

Plantas geneticamente próximas às matrizes da cultivar BRS Gigante Amarelo obtidas a partir de hibridações inter e intraespecíficas e retrocruzamentos entre acessos de *P. edulis*, que apresentam flores com diferentes quantidades de carpelos, foram avaliadas quanto à qualidade física dos frutos gerados a partir de flores com três, quatro e cinco carpelos polinizadas naturalmente. As características mensuradas por fruto foram: massa do fruto (g), massa da polpa com semente (g), massa das sementes (g), número de sementes, diâmetro transversal (cm), diâmetro longitudinal (cm), espessura (cm) e massa do pericarpo (g). As medições foram realizadas com o auxílio de balança semi-analítica e paquímetro digital.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições por tratamento, sendo cada uma composta pela média de três frutos. Os dados foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.2 Segundo experimento – Cultivar BRS Gigante Amarelo

O experimento foi realizado no ano de 2017 em casa de vegetação no Núcleo Rural Pípiripau, Planaltina-DF, em região com clima do tipo Aw Tropical segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014).

Foi utilizada a cultivar BRS Gigante Amarelo conduzida em espaldeiras de um fio de arame e com o manejo da adubação e controle de pragas e doenças conforme o preconizado

para a cultura (JUNGHANS; JESUS, 2017). Flores com três e quatro carpelos foram polinizadas manualmente e marcadas para posterior colheita dos frutos.

As características mensuradas por fruto foram: massa do fruto (g), massa da polpa com semente (g), diâmetro transversal (cm), diâmetro longitudinal (cm), espessura do pericarpo (cm), rendimento de polpa (%) número e massa das sementes (g).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições por tratamento, sendo cada uma composta pela média de três frutos. Os dados foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Além disso, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as características de frutos avaliadas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Primeiro experimento – População de melhoramento

Na população de melhoramento com plantas geneticamente próximas às matrizes da cultivar BRS Gigante Amarelo foram observadas flores com três, quatro e cinco estigmas (Figura 4.1), porém a frequência de ovários com cinco estigmas é baixa. As mudanças morfológicas entre frutos provenientes de flores com diferentes números de estiletes são claras ao analisar o número de placentações nos ovários e frutos (Figura 4.1).

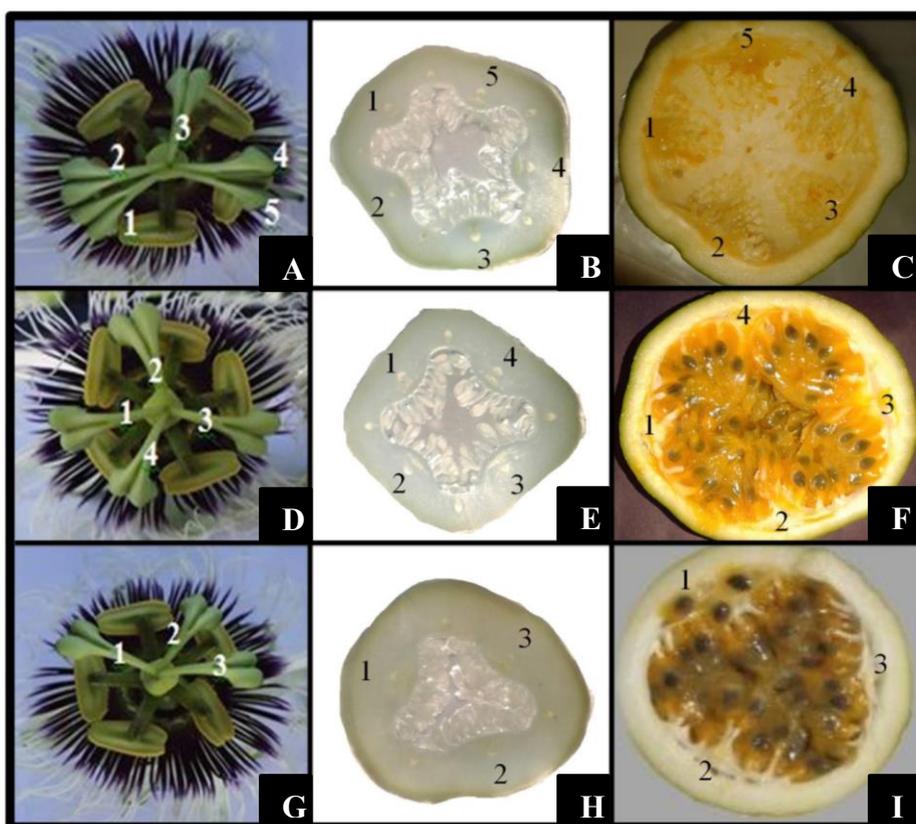


Figura 4.1. Flores de maracujazeiro com cinco, quatro e três estiletes respectivamente (A, D e G). Cortes do ovário na segunda coluna evidenciando cinco, quatro e três placentações (B, E e H) e cortes horizontais dos frutos na última coluna (C, F e I). Planaltina-DF, 2015.

Foram verificados efeitos significativos do número de carpelos em todas as características analisadas, exceto a espessura da casca e massa da polpa. De um modo geral, os frutos com cinco placentações foram inferiores aos frutos com três e quatro, estes dois últimos não apresentaram diferença estatística (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Características físicas de frutos de maracujá com três, quatro e cinco carpelos, Planaltina-DF, 2015.

Características	Nº de Carpelos		
	5	4	3
Ø Transversal (cm)	9,43 ± 0,57 b	10,92 ± 0,60 a	10,62 ± 0,75 a
Ø Longitudinal (cm)	8,65 ± 0,43 b	9,71 ± 0,53 a	8,75 ± 0,68 ab
Espessura (cm)	0,78 ± 0,37 a	0,73 ± 0,29 a	0,83 ± 0,21 a
Massa da polpa (g)	124,85 ± 37,82 a	200,10 ± 45,58 a	145,84 ± 30,09 a
Massa do Fruto (g)	243,14 ± 25,98 b	375,56 ± 45,58 a	298,98 ± 59,30 ab
Nº de sementes	349,64 ± 90,05 b	519,91 ± 82,53 a	429,17 ± 85,75 ab
Massa das Sementes (g)	10,40 ± 4,09 b	16,41 ± 3,68 a	12,49 ± 3,05 ab

* Médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferenciam estatisticamente segundo o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância.

Este resultado pode indicar que um aumento no número de carpelos não implica em maiores características físicas dos frutos para esta população em estudo que utilizou cruzamentos interespecíficos na base genética. Porém, é necessário considerar a necessidade de repetir o experimento com maior número de repetições e população mais homogênea, com maior proximidade genética com a espécie *P. edulis* e, principalmente, considerando os dados de frutos provenientes de flores com cinco carpelos, devido a baixa frequência desses frutos na população de melhoramento analisada. A variabilidade presente entre as plantas desta população de melhoramento pode ter provocado o elevado desvio padrão encontrado para as características de massa dos frutos e massa da polpa.

Apesar de não haver diferença estatística entre frutos formados por flores com três e quatro carpelos, observou-se que frutos formados por flores “tetracarpelares” apresentam massa média 20% superior e massa média da polpa 40% superior aos frutos de flores “tricarpelares”. Além disso, as flores “tetracarpelares” geraram frutos com diâmetro equatorial 10% maior que as tricarpelares.

4.3.2 Segundo experimento – Cultivar BRS Gigante Amarelo

Foram verificados efeitos significativos do número de carpelos para as variáveis: diâmetro transversal ($F = 15,62$; $p = 0,0012$), massa da polpa com sementes ($F = 6,636$; $p = 0,0202$), massa do fruto ($F = 7,945$; $p = 0,011$), número de sementes ($F = 7,30$; $p = 0,0139$) e massa das sementes ($F = 30,84$; $p = 0,0001$). Tais efeitos não foram verificados para as variáveis diâmetro longitudinal, espessura do pericarpo e rendimento de polpa (Tabela 4.2).

Tabela 4.2. Características físicas de frutos de maracujá com quatro e três carpelos, Planaltina-DF, 2017.

Características	Nº de Carpelos		Diferença entre 4 e 3 carpelos (%)
	4	3	
Ø Transversal (cm)	9,42 ± 0,40 a	8,76 ± 0,39 b	+ 7,53
Ø Longitudinal (cm)	10,70 ± 0,44 a	10,50 ± 0,08 a	+ 1,91
Espessura (cm)	0,51 ± 0,07 a	0,50 ± 0,08 a	+ 2,00
Massa da polpa com sementes (g)	180,33 ± 32,62 a	149,34 ± 19,91 b	+ 20,75
Massa do Fruto (g)	353,87 ± 34,44 a	299,13 ± 26,58 b	+ 18,30
Rendimento de Polpa %	54,45 ± 0,31 a	52,30 ± 0,38 a	+ 3,85
Nº de sementes	506,57 ± 69,70 a	426,23 ± 63,04 b	+ 18,85
Massa das Sementes (g)	23,90 ± 3,40 a	15,68 ± 3,21 b	+ 52,42

* Médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferenciam estatisticamente segundo o teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância.

Este resultado indica que um aumento no número de carpelos de flores da cultivar BRS Gigante Amarelo implica no desenvolvimento de frutos com maior massa total e da polpa com sementes e com maior número e massa de sementes. Resultados semelhantes foram obtidos por Siqueira et al. (2009), que observaram que frutos provenientes de flores com quatro carpelos polinizadas manualmente apresentam diâmetro, espessura da casca, massa e número de sementes superior aos frutos gerados por flores com três carpelos.

O aumento na massa média dos frutos formados por flores com quatro carpelos foi de 18,30%, na massa média da polpa com sementes foi de 20,75% e no número de sementes foi de 52,42% em relação aos frutos gerados por flores com três carpelos (Tabela 4.2).

Os resultados obtidos no experimento podem ser explicados pela existência de uma placentação a mais no ovário das flores com quatro carpelos (Figura 4.2). A existência de uma placentação adicional ocasionou maior quantidade de sementes e conseqüentemente maior quantidade de polpa por fruto. O fato é evidente ao considerar que frutos gerados por flores com quatro carpelos apresentaram acréscimo de 18,85% no número de sementes e de 52,42% na massa das sementes por fruto.

O aumento no número de sementes no fruto está relacionado à maior quantidade de óvulos presentes na placentação adicional no ovário (Figura 4.2). Siqueira et al (2009) observaram que em flores com três carpelos, a quantidade média de óvulos foi de $462 \pm 55,1$ enquanto flores com quatro carpelos apresentaram em média $674,5 \pm 105,7$ óvulos.

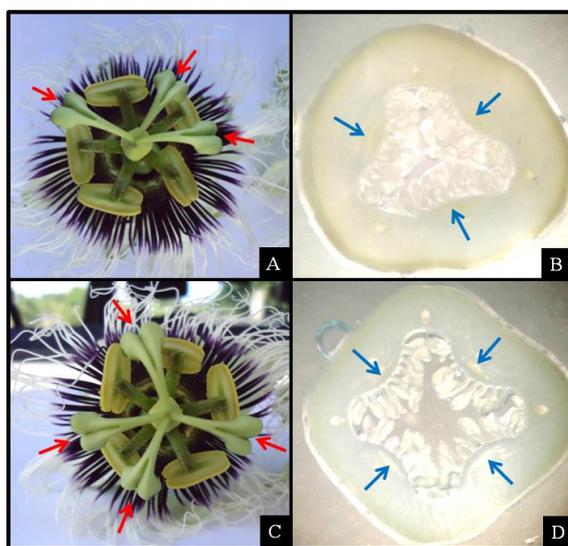


Figura 4.2. Flores e ovários de maracujazeiro com três (A e B) e quatro (C e D) carpelos. Setas em vermelho indicam conjuntos de estigmas e estiletos. Setas azuis indicam as placentações dentro do ovário. Planaltina-DF, 2018.

No campo, as flores com quatro carpelos são facilmente identificadas pela maior quantidade dos conjuntos de estigmas e estiletos (Figura 4.2). Apesar do ovário das flores com 4 carpelos se apresentar ligeiramente mais arredondado que os ovários das flores com três carpelos, para visualizar a característica “tetracarpelar” no ovário é necessário realizar um corte transversal do mesmo e identificar a existência de uma placentação a mais (Figura 4.2).

O formato do fruto foi influenciado pela presença de um carpelo a mais na flor. Frutos de maracujá provenientes de flores com quatro carpelos apresentam incremento de 7% no

diâmetro transversal em relação aos que foram produzidos por flores com três carpelos, possuindo aparência mais arredondada.

O diâmetro longitudinal e a espessura da casca (pericarpo) do fruto de maracujá não apresentaram diferença estatística entre frutos provenientes de flores com três e quatro carpelos. O resultado evidencia o fato de o aumento no número de carpelos não diminuir o diâmetro longitudinal apesar de aumentar o diâmetro transversal e também não prejudicar o rendimento de polpa através do espessamento do pericarpo. Conforme é possível observar na Tabela 4.3, a diferença entre o rendimento de polpa entre os tipos de fruto não é significativa.

Foi observada correlação positiva entre a massa do fruto e o diâmetro transversal, diâmetro longitudinal, massa da polpa e massa das sementes (Tabela 4.3). Destaca-se ainda, a correlação significativa entre a massa da polpa e o diâmetro transversal, corroborando os resultados apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.3. Matriz de correlação fenotípica entre características físicas dos frutos com três e quatro carpelos, Planaltina-DF, 2017.

Variável	Ø Transversal	Ø Longitudinal	Espessura	Massa do Fruto	Massa da polpa	Rendimento de Polpa	Nº de sementes	Massa das sementes
Ø Transversal	1	---	---	---	---	---		
Ø Longitudinal	0.40	1	---	---	---	---		
Espessura	0.19	0.19	1	---	---	---		
Massa do Fruto	0.74*	0.31*	0.53	1	---	---		
Massa da polpa	0.66*	0.14	0.38	0.94*	1	---		
Rendimento de Polpa	0.10	-0.35	-0.18	0.22	0.54	1		
Nº Sementes	0,43	0,20	0,33	0,46	0,49	0,29	1	
Massa das sementes	0,70*	0,15	0,05	0,54	0,58	0,35	0,71*	1

*p<0,001, pelo teste t.

Observa-se, portanto, que o incremento no número de carpelos provoca aumento no diâmetro transversal, na massa do fruto, da polpa e no número e massa das sementes.

Considerando que a cultivar BRS Gigante Amarelo apresenta produtividade média de 42 toneladas por hectare no primeiro ano de colheita (EMBRAPA, 2014), um possível incremento de 18,30% na sua produtividade e de 20,75% na massa da polpa torna-se evidente o potencial que a característica de flor tetra-carpelar tem para agregar à produção e consequentemente aumentar a renda do agricultor.

4.4 CONCLUSÕES

Na população em estudo, estatisticamente, o aumento no número de carpelos não implica em maiores valores médios das características físicas dos frutos. Porém, biologicamente, o diâmetro transversal, o número de sementes e a massa de frutos, polpa, semente e casca foram maiores em frutos com quatro carpelos em relação aos que foram formados por flores com três carpelos.

Na cultivar de maracujazeiro azedo BRS Gigante Amarelo frutos gerados por flores com quatro carpelos apresentam aumento significativo no diâmetro transversal, na massa do fruto e da polpa com sementes, no número e na massa das sementes.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta geográfica**, v.8, n.16, p. 40-55, 2014.

CERVI, A.C. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora*. **Fontqueria**, v. 45, n.1, p.1-92, 1997.

EMBRAPA. **BRS Gigante Amarelo - Híbrido de Maracujazeiro-azedo de alta produtividade**. Embrapa Cerrados - Memória do Lançamento dos Híbridos de Maracujazeiro Azedo. 2014. Disponível em: < <http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/lançamentoazedos/brsga1.pdf>>. Acesso em: 04 Mai. 2011.

ESASHIKA, D. A. S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Características físicas dos frutos de maracujazeiro-azedo cv. BRS Gigante Amarelo produzidos por flores com três e quatro carpelos. Resumos do encontro de iniciação científica da Embrapa Cerrados: Jovens Talentos 2017. **Documentos 343** (Embrapa Cerrados), 77 p., 2017.

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

FLORA DO BRASIL. **Passiflora in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

JESUS, O.N.; FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; GIRARDI, E.A.; ROSA, R.C.C.; PETRY, H.B. Cultivares comerciais de maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) no Brasil. JUNGHANS, T.G.; JESUS, O.N. (Eds.) **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p.39-58.

JUNGHANS, T.G.; JESUS, O.N. **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 344p.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 83-91, 2011.

SANZONOWICZ, C.; ANDRADE, L. R. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. Adubação de maracujazeiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Recomendações Técnicas, 4). 2000. 1p.

SIQUEIRA, K. M. M.; KILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009.

THE PLANT LIST. **The Plant List**. V. 1.1, 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

CAPÍTULO 5 – NÚMERO DE CARPELOS NA EFICIÊNCIA DA POLINIZAÇÃO DO MARACUJAZEIRO-AZEDO

RESUMO

Estudos correlacionando a quantidade de carpelos de flores de maracujazeiro e a eficiência de polinização são inéditos, sendo uma área de estudo promissora para a geração de cultivares mais produtivas. Este estudo tem por objetivos: identificar relações entre o número de carpelos e a eficiência da polinização do maracujazeiro azedo; avaliar a frequência de flores com três, quatro e cinco carpelos na cv. BRS Sol do Cerrado (BRS SC1) e seus genitores; e avaliar a inclinação dos estiletos de flores com três, quatro e cinco carpelos. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo cada repetição a média de sete flores, as quais foram polinizadas manualmente ou apenas marcadas para posterior identificação no caso do tratamento de polinização natural. As avaliações ocorreram três dias após a instalação do experimento por meio da visualização da região do ovário, considerando-se uma polinização bem-sucedida quando o ovário se apresentou intumescido e de coloração verde. Além disso, foi avaliada a frequência de flores com três, quatro e cinco carpelos de plantas da cv. BRS SC1 e seus genitores e ainda o grau de curvatura dos estiletos dos três tipos de flores dessa cultivar. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas, utilizando o teste de Tukey à 5% de significância. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na eficiência de polinização entre os diferentes tipos de flores e polinização, os quais apresentaram médias acima de 80% com destaque para as flores com cinco carpelos que apresentaram 100% de eficiência. As flores com três carpelos são predominantes na cv. BRS Sol do Cerrado, representando 88,93%, porém flores com quatro e cinco carpelos não apresentaram estiletos sem inclinação enquanto que flores com três carpelos apresentaram taxa de 11,83%. Apenas o genitor masculino da cultivar se destaca quanto à taxa de flores com quatro e cinco carpelos, sendo de 37,33% e 7,33% respectivamente. Assim, do ponto de vista agrônomo, a taxa de 100% de polinização obtida em flores com cinco carpelos é muito importante tendo em vista o desenvolvimento de novas cultivares nos programas de melhoramento genético do maracujazeiro.

Palavras-chave: polinização manual, *Passiflora edulis*, vingamento.

ABSTRACT
CARPELS NUMBERS IN THE EFFICIENCY OF THE POLLINATION OF SOUR
PASSION FRUIT

Studies correlating the quantity of passion fruit carpels and pollination efficiency are unpublished, being a promising area of study for the generation of more productive cultivars. This study aims to: identify relationships between the number of carpels and the pollination efficiency of sour passion fruit; to evaluate the frequency of flowers with three, four and five carpels in cv. BRS Sol do Cerrado (BRS SC1) and their parents; and evaluate the inclination of the flower styles with three, four and five carpels. The experiment was carried out in a completely randomized design with five replicates, each replicate averaging seven flowers, which were manually or only markedly pollinated for later identification in the case of the natural pollination treatment. The evaluations occurred three days after the experiment was set up by visualizing the ovary region, considering a successful pollination when the ovary was bigger and green. In addition, the frequency of flowers with three, four and five carpels of cv. BRS SC1 and their parents and also the degree of curvature of the styles of the three types of flowers of this cultivar. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared, using the Tukey test at 5% of significance. There were no statistically significant differences in pollination efficiency between the different types of flowers and pollination, which presented averages above 80%, especially flowers with five carpels that presented 100% efficiency. Flowers with three carpels are predominant in cv. BRS Sol do Cerrado, representing 88.93%, but flowers with four and five carpels did not show styles without inclination whereas flowers with three carpels had a rate of 11.83%. Only the male genus of the cultivar stands out for the flowers rate with four and five carpels, being 37.33% and 7.33%, respectively. Thus, from the agronomic point of view the 100% pollination rate obtained in flowers with five carpels is very important in view of the development of new cultivars in the breeding programs of passion fruit.

Keywords: manual pollination, *Passiflora edulis*, fruit set.

5.1 INTRODUÇÃO

As flores do maracujazeiro são hermafroditas, homoclamídeas pentâmeras, com cinco estames unidos pela base, inseridos no topo do androginóforo, junto à inserção do ovário. A maioria dos maracujazeiros apresenta flores com três estiletos que iniciam no centro superior de um ovário súpero, unilocular com três placentas parietais (CERVI, 1997). Porém, há acessos de *P. edulis* que apresentam flores com quatro e cinco conjuntos de placentas parietais, estiletos e estigmas (SIQUEIRA et al., 2009; ESASHIKA et al., 2017). Estes acessos têm sido utilizados na base genética para o desenvolvimento de novas cultivares no programa de melhoramento do maracujazeiro realizado na Embrapa. Acredita-se que tais acessos apresentam melhores eficiências de polinização manual e por insetos polinizadores, considerando que a morfologia de flores com quatro e cinco carpelos facilitam a polinização.

A hipótese das diferenças na eficiência de polinização entre estes tipos florais fundamenta-se no fato do número de carpelos estar diretamente relacionado ao número de estigmas, assim sendo, um maior número de regiões receptoras dos grãos de pólen e uma possível maior eficiência de polinização.

Os estudos correlacionando a morfologia floral e a eficiência de polinização de maracujá ainda são incipientes. Em *P. edulis*, Ruggiero et al. (1976) identificaram que há três tipos de flores quanto à inclinação dos estiletos, sendo que não há o vingamento dos frutos naquelas sem inclinação dos estiletos após a antese. Em *P. cincinnata*, Freire et al. (2015) observaram eficiência de polinização manual de 77% em flores com estiletos abaixo das anteras e eficiência de polinização de 0% para flores com estiletos acima da linha das anteras.

A correção da morfologia floral e a polinização é uma área de estudo promissora para a geração de cultivares de maracujazeiro mais produtivas. Neste trabalho, objetivou-se: identificar relações entre o número de carpelos e a eficiência da polinização do maracujazeiro azedo; avaliar a frequência de flores com três, quatro e cinco carpelos na cv. BRS Sol do Cerrado (BRS SC1) e seus genitores; e avaliar a inclinação dos estiletos de flores com três, quatro e cinco carpelos e sua influência na eficiência da polinização.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de eficiência de polinização, frequência de flores com diferentes quantidades de carpelos e inclinação dos estiletes da cv. BRS Sol do Cerrado (BRS SC1) foram realizados nos meses de março e abril de 2018, em propriedade localizada no Núcleo Rural Lamarão (latitude 15° 16'S e longitude 47° 50'W) (Figura 5.1), Distrito Federal, em região com clima do tipo Aw Tropical segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014).



Figura 5.1. Vista aérea do local do experimento, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente com cinco repetições compostas pelo percentual de polinização de sete flores, totalizando 35 flores para cada tratamento. Flores com três, quatro e cinco carpelos foram polinizadas manualmente e marcadas para posterior avaliação do vingamento do fruto. Na avaliação da polinização natural, flores com três e quatro carpelos foram marcadas para posterior avaliação da eficiência de polinização (Figura 5.2). As polinizações e arcações das flores foram realizadas das 13h até as 16h.

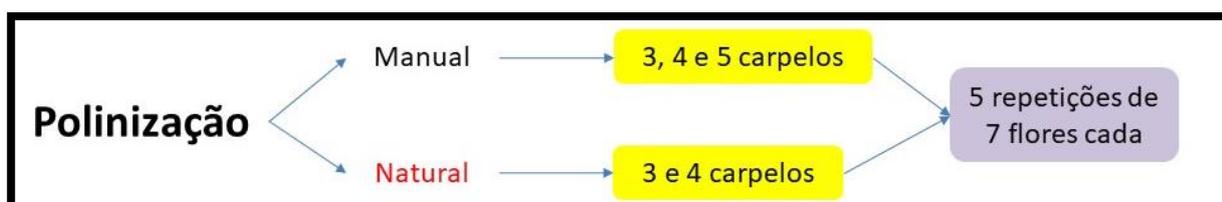


Figura 5.2. Esquema do experimento de polinização manual e natural de flores com três, quatro e cinco carpelos da cv. BRS Sol do Cerrado, Brasília – DF, 2018.

A polinização manual foi realizada a partir da coleta das anteras de plantas de fileiras diferentes para posterior polinização com movimentos ascendentes nos estigmas das flores polinizadas (Figura 5.3).



Figura 5.3. Polinização de flores de *Passiflora edulis* cv. BRS Sol do Cerrado, Núcleo Rural Lamarão – DF, 2018.

A avaliação do vingamento dos frutos foi realizada três dias após a instalação do experimento sendo considerados resultados positivos as flores em que o ovário ficou entumescido (Figura 5.4) e resultados negativos aqueles em que os ovários não mudaram de tamanho e apresentaram coloração escurecida.

Além disso foi avaliada a frequência de flores com três, quatro e cinco carpelos e o grau de inclinação do estilete dessas flores. Para isso, foi realizado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento compostas por 50 flores cada. Esta característica foi avaliada após 1 hora e 30 minutos da antese das flores. As flores foram qualificadas como de estiletos totalmente curvos (TC), parcialmente curvos (PC) ou sem curvatura (SC) (RUGGIERO, 1973; RUGGIERO et al., 1976).

A frequência de flores com 3, 4 e 5 carpelos também foi avaliada nos genitores da cv. BRS Sol do Cerrado cultivados em estufa na cidade de Planaltina – DF, região de clima Aw Tropical segundo a classificação de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2014).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições para cada genitor compostas pela análise de 50 flores cada. Foram avaliados uma

fileira de genitores masculinos e quatro fileiras de genitores femininos propagados por estaquia.

Os dados dos experimentos foram submetidos a análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância, no programa estatístico BIOSTAT v. 5.0 (AYRES et al., 2007).



Figura 5.4. Flores de *Passiflora edulis* com ovário entumescido, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram identificadas diferenças estatísticas significativas na eficiência de polinização de flores com três, quatro e cinco carpelos da cultivar BRS Sol do Cerrado. De modo geral, as eficiências de polinização ficaram próximas a 90,0% para os três tipos de flores (Tabela 5.1), a qual pode ser considerada uma média elevada considerando a eficiência verificada em outros artigos (YAMASHIRO, 1981; SIQUEIRA et al, 2009; GRISI Jr., 1973; CARVALHO; TEÓFILO, 1973). Vários trabalhos foram realizados para avaliar a eficiência da polinização manual, sendo encontrados valores de 50,8% a 85,7%. Em experimentos de polinização manual de *Passiflora edulis*, Yamashiro (1981) encontrou valor de 50,8%, Siqueira et al. (2009) de 74,0%, enquanto Grisi Jr. (1973) de 79,0% e por fim, Carvalho e Teófilo (1973) de 85%. No presente experimento flores com três, quatro e cinco carpelos apresentaram vingamento de 91,43%, 97,14% e 100,00%, respectivamente, médias superiores às relatadas pelos referidos autores. Superando o resultado de flores com três carpelos, as flores com quatro e cinco apresentaram médias de (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 Eficiência da polinização manual e natural de flores de maracujazeiro azedo cv. BRS Sol do Cerrado com três, quatro e cinco carpelos, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.

Tipo de Polinização	Nº de Carpelos		
	3	4	5
Natural (%)	83,33 ± 15,05 Aa	93,33 ± 10,33 Aa	-
CV (%)	18,07	11,07	-
Manual (%)	91,43 ± 7,82 Aa	97,14 ± 6,39 Aa	100,00 ± 0,00 a
CV (%)	8,56	6,58	0,00

*médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância.

Esta alta eficiência da polinização manual e natural, certamente é uma característica da cultivar BRS Sol do Cerrado (EMBRAPA, 2018). Flores com três e quatro carpelos apresentaram eficiência de polinização natural de 83,33% e 93,33%, respectivamente, e não

diferiram estatisticamente dos resultados obtidos na polinização manual de flores com três e quatro carpelos. Os resultados da polinização natural destoam dos encontrados por outros autores que variaram de 0 % a 16 % (CARVALHO; TEÓFILO, 1973; GRISI JR., 1973; YAMASHIRO, 1981; SIQUEIRA et al., 2009; VIANA et al., 2014). A alta eficiência da polinização natural verificada nesse trabalho para a cv. BRS Sol do Cerrado tem sido verificada em pequenos pomares comerciais, próximos a áreas de matas com grande presença dos polinizadores naturais e conseqüentemente elevadas taxas visitação das flores de maracujazeiro pelas abelhas mamangavas (VIANA et al., 2014), como é o caso do pomar utilizado para realização do experimento. Deve-se considerar também que durante a condução do experimento não ocorreram chuvas, as quais normalmente diminuem a eficiência da polinização natural.

Apesar dos resultados de polinização não terem apresentado diferença estatística significativa, os resultados de 100% de eficiência na polinização de flores de cinco carpelos são agronomicamente importantes por representar possíveis ganhos no número de frutos produzidos que poderiam impactar positivamente na produtividade do maracujazeiro, já que o vingamento dos frutos está diretamente relacionado a polinização (AKAMINE; GIROLAMI, 1959).

Este elevado vingamento de frutos apresentado pelas flores com quatro e cinco carpelos pode estar relacionado à inclinação dos seus estiletos. Destacando que flores do tipo TC apresentam as melhores probabilidades de polinização por apresentar os estigmas próximos a altura das anteras facilitando a polinização pelos polinizadores, o contrário acontece com as flores do tipo SC que não frutificam mesmo polinizadas manualmente (RUGGIERO et al., 1976).

Nas condições do experimento, as flores com três carpelos da cultivar BRS Sol do Cerrado apresentaram 11,84% de frequência de flores sem curvatura (SC), 13,10% de flores com curvatura parcial (PC) e 75,06% de flores com curvatura total (TC). Não foram observadas flores sem curvatura dos estiletos nas estruturas de quatro carpelos, sendo que 17,80% das flores apresentaram inclinação parcial dos estiletos e 82,20% das flores apresentaram inclinação total. Todas as flores de cinco carpelos apresentaram curvatura total dos estiletos (Tabela 5.2), o que pode ter contribuído para a elevada eficiência de polinização deste tratamento observada na Tabela 5.1.

Tabela 5.2. Frequência da inclinação dos estiletes de flores de maracujazeiro azedo cv. BRS Sol do Cerrado com três, quatro e cinco carpelos, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.

Nº de Carpelos			
3			
Inclinação	SC	PC	TC
Frequência (%)	11,84 ± 6,54 b	13,10 ± 6,93 b	75,06 ± 5,96 a
CV (%)	55,24	52,88	7,95
4			
Inclinação	SC	PC	TC
Frequência (%)	0,00 ± 0,00 c	17,80 ± 6,01 b	82,20 ± 6,00 a
CV (%)	-	33,75	7,31
5			
Inclinação	SC	PC	TC
Frequência (%)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
CV (%)	-	-	0,00

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância. *SC = sem curvatura, PC = curvatura parcial, CT = curvatura total.

Verifica-se na literatura que a frequência de flores com diferentes inclinações dos estiletes é variável e certamente dependente do acesso ou cultivar avaliada. Siqueira et al. (2009) identificaram que 40% das flores de maracujazeiro-azedo amostradas apresentaram flores com estiletes sem curvatura (SC) ou parcialmente curvos (PC). Enquanto Siqueira e Kill (2009) encontraram frequências de 30% (4,8% para SC e 25,2% para PC). Já Hoffman et al. (2000) identificaram valores de 76,86% para flores do tipo TC, 21,22% para flores do tipo PC e 1,92% para as SC, valores similares aos obtidos por Ruggiero et al. (1976). Generalizando, Matsumoto e São Sojé (1991) citam que de 57,7% a 87,0% das flores de maracujazeiro azedo são do tipo TC e de 10,0% a 28,8% são sem curvaturas.

Junqueira et al. (2001) apontam a cultivar e a época do ano como fatores de variação da frequência dos diferentes tipos de flores quanto à inclinação dos estiletos, citando que em períodos de noites frias a taxa de flores SC e PC tendem a aumentar. Siqueira e Kill (2009) citam ainda como fator de variação dessa frequência a espécie de passiflora, identificando maracujá doce (*P. alata*) e do mato (*P. cincinnata*) com 68,7% e 72,6% de flores tipo PC e SC respectivamente.

De fato, os dados do experimento para flores com três carpelos se enquadram nas faixas de valores encontrados pelos autores acima citados, porém em flores com quatro e cinco carpelos as frequências de SC destoam das observadas pelos autores. Sendo um resultado expressivo já que flores do tipo SC não frutificam (AKAMINE; GIROLAMI, 1957; RUGGIERO et al., 1976), pois o megaesporófito não apresenta oosfera impossibilitando a formação do embrião e conseqüentemente prejudicando a formação do fruto de maracujazeiro (HOFFMAN, 1997).

As frequências de flores com três, quatro e cinco carpelos apresentaram diferenças estatísticas significativas, sendo que as de três carpelos foram superiores numericamente, representando 88,93%, bem acima da quantidade de flores com quatro e cinco carpelos que apresentaram médias de 9,11% e 1,96%, respectivamente (Tabela 5.3). O elevado coeficiente de variação da frequência de flores com quatro e cinco carpelos evidencia a baixa frequência dessas flores que no caso das com cinco carpelos apenas algumas flores de algumas plantas apresentavam essa característica, ocorrendo repetições de 50 flores que não apresentaram nenhuma flor com essa quantidade de carpelos.

Tabela 5.3. Frequência de flores de maracujazeiro azedo cv. BRS Sol do Cerrado com três, quatro e cinco carpelos, Núcleo Rural Lamarão - DF, 2018.

	Nº de Carpelos		
	3	4	5
Frequência (%)	88.93 ± 6.35 a	9.11 ± 4.21 b	1.96 ± 4.38 b
CV (%)	7.14	46.22	223.61

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância.

Apesar dos benefícios proporcionados pelas flores com mais de três carpelos na eficiência de polinização e na qualidade dos frutos (SIQUEIRA et al., 2009; ESASHIKA et al., 2017), para essa característica ser usufruída pelos produtores é necessário o melhoramento genético para aumentar a frequência de flores com estas características. Além do efeito genético, tem-se verificado que efeitos ambientais relacionados à adequada sanidade e nutrição das plantas podem aumentar a frequência de flores com mais de três carpelos. Estes efeitos ambientais são corroborados com o fato de encontrar flores com três, quatro e cinco carpelos na mesma planta, o que foi verificado nesse trabalho.

Tabela 5.4. Frequência de flores com três, quatro e cinco carpelos de maracujazeiros genitores da cv. BRS Sol do Cerrado, Planaltina - DF, 2018.

Frequência (%)	Nº de Carpelos		
	3	4	5
Feminino - Linha 1	98,00 ± 2,98 a	2,00 ± 2,97 b	0,00 ± 0,00 b
CV (%)	3,04	149,12	-
Feminino - Linha 2	93,55 ± 8,22 a	6,45 ± 8,21 b	0,00 ± 0,00 b
CV (%)	8,79	127,44	-
Masculino	55,33 ± 10,95 a	37,33 ± 13,62 a	7,33 ± 7,23 b
CV (%)	19,80	36,48	98,58
Feminino - Linha 3	88,34 ± 4,83 a	11,65 ± 4,83 b	0,00 ± 0,00 c
CV (%)	5,47	41,46	-
Feminino - Linha 4	85,50 ± 3,09 a	14,49 ± 3,09 b	0,00 ± 0,00 c
CV (%)	3,62	21,36	-

*médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância.

Considerando os genitores da cv. BRS Sol do Cerrado, é possível investir na seleção de matrizes com maior proporção de flores com quatro e cinco carpelos para aumentar a frequência destas flores em uma nova cultivar. As plantas do genitor feminino não apresentavam flores com cinco carpelos e as frequências de flores com quatro carpelos ficaram abaixo de 15%. O genitor masculino apresentou 7% de flores com cinco carpelos e 37% de flores com quatro carpelos (Tabela 5.4), sendo um material promissor para a geração de uma nova cultivar com maior proporção de flores com mais de três carpelos.

5.4 CONCLUSÕES

A eficiência de polinização de flores com quatro e cinco carpelos representa importante característica para o melhoramento genético do maracujazeiro.

Na cultivar BRS Sol do Cerrado as flores com três carpelos são predominantes, havendo maior frequência de flores com três e quatro carpelos no genitor masculino dessa cultivar.

A proporção de estiletes totalmente curvos aumenta conforme o acréscimo de carpelos, não havendo estiletes sem curvatura (SC) em flores com quatro e cinco carpelos.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AKAMINE, E.K.; GIROLAMI, G. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. **Technical Bulletin (University Hawaii)**, v. 39, p. 44, 1959.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. **BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Ong. Mamiraua. Belém, PA. 2007.

CARVALHO, A. M.; TEÓFILO, S. Efeito nocivo de *Apis mellifera* L. na produção do maracujazeiro. In: **II Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa. Anais do **II Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, p. 421-424, 1973.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta geográfica**, v.8, n.16, p. 40-55, 2014.

CERVI, A.C. Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora*. **Fontqueria**, v. 45, n.1, p.1-92, 1997.

EMBRAPA, 2018. **Soluções tecnológicas: Maracujá azedo BRS Sol do Cerrado (BRS SC1)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1038/maracuja-azedo-brs-sol-do-cerrado-brs-sc1>. Acesso em 04 de abril de 2018.

ESASHIKA, D. A. S.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Características físicas dos frutos de maracujazeiro-azedo cv. BRS Gigante Amarelo produzidos por flores com três e quatro carpelos. Resumos do encontro de iniciação científica da Embrapa Cerrados: Jovens Talentos 2017. **Documentos 343** (Embrapa Cerrados), p.77, 2017.

FREIRE, A.J.C.S.; ARAÚJO, F.P.; FALEIRO, F.G.; FERREIRA, R.C.F.; MELO, N.F. Avaliação da hercogamia e sua influência na produção de frutos de maracujá da Caatinga (*Passiflora cincinnata* Mast.) In: Resumos da Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido 2015. **Documentos 264** (Embrapa Semiárido), p. 59-65, 2015.

GRISI, J. C. Falta de polinização, a principal causa da queda excessiva de flores nos maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) na região de Votuporanga. In: II Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, 1973. p. 433-436.

HOFFMANN, M. Polinização do maracujá amarelo *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. In: SÃO JOSÉ, A.R. **Maracujá: Temas Selecionados. Melhoramento, morte prematura, polinização e taxionomia**. Porto Alegre: Cinco Continentes. 1997. p.58-70.

HOFFMANN, M.; PEREIRA, T. N. S.; MERCADANTE, M. B.; GOMES, A. R. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. **Iheringia Sér. Zool.**, v. 89, p. 149-152, 2000.

JUNQUEIRA, N. T. V.; VERAS, M. C. M.; NASCIMENTO, A. C.; CHAVES, E. C.; MATOS, A. P.; JUNQUEIRA, K. P. A importância da polinização manual para aumentar a produtividade do maracujazeiro. **Documentos 41** (Embrapa Cerrados), p.16, 2001.

MATSUMOTO, S. N.; SÃO JOSÉ, A. R. Fatores que afetam a frutificação do maracujazeiro ácido. In: SÃO JOSÉ, A. R. **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 109 – 123.

RUGGIERO, C. **Estudos sobre floração e polinização do maracujá amarelo**. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP, 1973. p. 92. Tese de Doutorado.

RUGGIERO, C.; LAM-SANCHES, A. ; CARVALHO, R. P. L. Ocorrência de diferentes tipos de flores de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Científica**, v. 4, p. 82-86, 1976.

RUGGIERO, C.; LAM-SANCHEZ, A.; BANZATTO, D.A. Studies on natural and controlled pollination in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). **Acta hort.**, v. 57, p.121-124, 1976.

SIQUEIRA, K. M. M.; KIILL, L. H. P. Informações sobre polinizadores em maracujazeiro no vale do São Francisco. **Documentos 217** (Embrapa Semi-árido), p. 23, 2009.

SIQUEIRA, K. M. M.; KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B.; MONTEIRO, S. P.; FEITOZA, E. A. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009.

VIANA, B. F.; SILVA, F. O.; ALMEIDA, A. M. Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C (coord.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 207-254.

YAMASHIRO, T. Comparação de dois métodos de polinização artificial do maracujazeiro amarelo – *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa*. In: VI Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Viçosa, 1981, p. 990-994.