



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**

**GÉRSON DO NASCIMENTO COSTA FERREIRA**

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS  
ORNAMENTAIS COM ÊNFASE EM  
*Capsicum* spp., *Pelargonium* spp., *Catharanthus* spp.  
e *Rosa* spp.**

**TERESINA – PI  
2023**

**GÉRSON DO NASCIMENTO COSTA FERREIRA**

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS ORNAMENTAIS COM ÊNFASE EM  
*Capsicum* spp., *Pelargonium* spp., *Catharanthus* spp.  
e *Rosa* spp.**

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na área de concentração Genética e Melhoramento, como requisito para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento.

Orientadora: Profa. Ângela Celis de Almeida Lopes

Coorientadora: Profa. Dra. Regina Lúcia Ferreira-Gomes

**TERESINA – PI  
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial CCA  
Serviço de Representação da Informação

F383m Ferreira, Gérson do Nascimento Costa.  
Melhoramento genético de plantas ornamentais com ênfase em  
*Capsicum spp.*, *Pelargonium spp.*, *Catharanthus spp.* e *Rosa spp.* /  
Gérson do Nascimento Costa Ferreira. -- 2023.  
225 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Teresina, 2024.

“Orientadora: Profa. Dra. Ângela Celis de Almeida Lopes.”

1. Gerânios. 2. Hibridação. 3. Pimenta ornamentais. 4. Roseiras  
termotolerantes. 5. Vincas. I. Lopes, Ângela Celis de Almeida. II.  
Título.

CDD 631.53

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

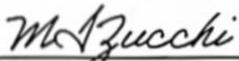
**GÉRSON DO NASCIMENTO COSTA FERREIRA**

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS ORNAMENTAIS COM ÊNFASE EM  
*Capsicum spp.*, *Pelargonium spp.*, *Catharanthus spp.*  
e *Rosa spp.***

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na área de concentração Genética e Melhoramento, como requisito para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento.

Aprovado em 18 de dezembro de 2023.

**BANCA EXAMINDORA:**

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Imaculada Zucchi – APTA-IAC

Documento assinado digitalmente

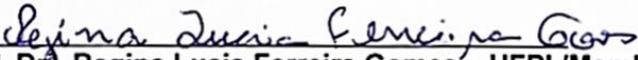


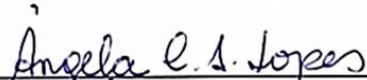
VIVIAN LOGES

Data: 23/01/2024 15:57:14-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vivian Loges – UFRPE/Membro Externo

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Lucia Ferreira Gomes – UFPI /Membro Interno

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Celis de Almeida Lopes – UFPI  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai, todo poderoso, por sempre está ao meu lado, nas alegrias e nas tristezas, nos desafios e nas vitórias;

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de realização do curso e pela possibilidade de pleitear o título de *Doutor em Genética e Melhoramento*;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de recursos financeiros para a instalação e desenvolvimento dos experimentos;

À Profa. Dra. Ângela Celis de Almeida Lopes, pela orientação, incentivos, conselhos e ensinamentos, pelo carinho e amizade, e por toda a confiança em mim depositada. Agradeço ainda por seu exemplo de bondade, paciência, sabedoria e humildade;

À Profa. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes, pela orientação, confiança e disposição na busca por oportunidades para seus orientados. Agradeço também por seu exemplo de liderança, determinação, diligência e por ter sido minha primeira conexão com o melhoramento genético de plantas.

À Profa. Dra. Verônica Brito da Silva, pelo auxílio nos experimentos e companheirismo durante o curso de doutorado, pela amizade e carinho. Agradeço ainda por seu exemplo de foco, trabalho e dedicação;

À Profa. Dra. Vivian Loges, pelos ensinamentos e orientações em relação à seleção, introdução e melhoramento de flores e plantas ornamentais, por toda sua disposição e empenho em auxiliar nos projetos para estágios e doutorado no exterior. Agradeço ainda por seu exemplo de simpatia, humildade e dedicação;

Ao Prof. Dr. Raimundo Nonato Oliveira Silva, pelas contribuições e auxílio nas análises estatísticas nos softwares Genes e R durante a realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Rafael da Costa Almeida, pela grande amizade, incentivos e por toda as opiniões e revisões de arte criteriosas ao longo do desenvolvimento desse trabalho;

Ao Prof. Dr. Carlos Humberto Aires Matos Filho, pelo incentivo e por toda a sua disposição em auxiliar nos transportes de materiais essenciais aos experimentos;

Às amigas da turma de Doutorado, Gisele Holanda de Sá e Marilha Vieira de Brito, pela grande amizade, carinho e apoio durante essa jornada na pós-graduação;

Aos amigos do grupo de pesquisa com plantas ornamentais (RGMP – ORN – UFPI), Gabriel Ferraz, Maria Vitória Paiva, Raissa Matos, Marcos Henrique Franco, Júnia Mariza Alves, Andreza Cavalcante, Heyd Yohana Portela, Luana Cavalcante, Luciano Rodrigues, por todo o auxílio na condução dos experimentos em campo;

Às amigas de laboratório, Maria Santa de Sousa Silva e Michelle dos Santos Nascimento, por toda amizade, pelo auxílio nos experimentos e por todos os momentos de companheirismo e diversão;

Aos colegas de Laboratório de Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas (RGMP), João Vitor Moraes, Diego Moura, Karla Anielle Bernardo, Rubens Ramires, Gilmar Martins, Yasmin Borges, Juliana Oliveira, Issan Bonfim, Kathuly Torres, Pedro James Oliveira, Matheus Bezerra, Josieli Lima, Karine Ferreira, Natali Sousa, Felipe Soares, Deógeno Assunção, Giovana França, Andreza Maria Ribeiro, pela amizade, união e pelos momentos de descontração em laboratório e em campo;

À minha mãe, Maria Salete do Nascimento, que conduziu parte do experimento de hibridação de gerânios, no manejo e conservação das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>. Agradeço também por todo o carinho, apoio e por me incentivar sempre a buscar todos meus sonhos;

Aos amigos, Alexandre Vieira Soares e Hildete Leal do Nascimento, pelo auxílio na instalação do experimento da geração F<sub>2</sub> de gerânios do gênero *Pelargonium* e experimento da geração F<sub>1</sub> de pimentas ornamentais, respectivamente;

Aos professores da Universidade Estadual Vale do Acaraú, Lúcio Roberto Rodrigues Peixoto e Lucilene Silva Pereira Soares, meus queridos orientadores de iniciação científica e iniciação à docência, agradeço pela boa influência e auxílio no meu amadurecimento nas áreas de Genética, Botânica e Ensino de Biologia;

Aos meus familiares, Dágila do Nascimento, Anderson Costa, Luís Carlos Ferreira do Nascimento e Eliete Ferreira do Nascimento, Sueli do Nascimento, Erinalda Ferreira do Nascimento, Francisquinha Rodrigues, Tarcísio Ferreira, Vitória Silva, Geovana Carlos de Medeiros, Cleonice Quadro, Kelviane Nascimento, Andreza Chaves, Ednardo Ferreira, por todo apoio na minha jornada acadêmica;

Aos amigos, Ricardo Chaves, Gislane Carvalho, Neuma Araújo, Marcela Costa, Micheline Rodrigues, Ricardo Patrick Miranda pelo carinho e apoio de longa data.

Às amigas, Samara Rodrigues, Nayara Cezário, Gilene Borges, Ruth Brandão e Lenôa Souza pelo carinho e incentivos durante essa jornada.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

*Desafios vou encontrar,  
E os enfrentarei,  
Lutando pelo meu lugar,  
Todo dia estarei!*

*Vem comigo, vamos formar,  
Sempre a melhor equipe,  
E sempre juntos vamos vencer,  
O sonho é poder...*

(Pokémon, Temos que pegar, 1997)

## APRESENTAÇÃO

Essa tese resulta de inúmeros experimentos do doutorado que se iniciou em fevereiro de 2020, coincidindo com o início da pandemia da Covid 19, que se procedeu em períodos de *lockdown* e de isolamento social por todo o mundo. Com isso, impossibilitando o retorno das aulas presenciais e a instalação de experimentos em campo na Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

O projeto inicial de tese “Divergência genética, hibridação e biologia floral de rosas-do-deserto (*Adenium obesum*)” foi afetado por dois anos de pandemia, e somado a isso, a pequena quantidade de sementes obtidas, a dificuldade de germinação e ciclo longo da espécie, que impediria o avanço de gerações no tempo regular do curso de doutorado, contribuíram para o cancelamento do projeto no fim do ano de 2021.

O novo projeto seria continuar com as pimentas ornamentais selecionadas durante o mestrado em Genética e Melhoramento (2016-2018), e assim foram realizados cruzamentos biparentais para um estudo de dialelo completo, no entanto, devido à elevada incidência de pragas e doenças, não foi formado um número suficiente de combinações híbridas que representasse uma análise dialélica parcial, por exemplo. A solução encontrada viria a ser a avaliação de híbridos obtidos de nove cruzamentos com um efetivo número de sementes.

Às vezes quando algo não ocorre como planejado surgem novas oportunidades, Alexandre Fleming (1881 – 1955) com a penicilina é a prova disso. E tomando outro grande cientista como referência, temos Gregor Mendel (1822 – 1844), com seu experimento de hibridação em ervilhas, que teve sucesso, devido a vários critérios, entre eles: escolher o germoplasma com disponibilidade de variedades puras na região; muitos caracteres contrastantes; ciclo de vida curto e baixo custo.

Assim, consideramos os critérios supramencionados para selecionar as culturas para o desenvolvimento da tese, principalmente o da facilidade de se conseguir o germoplasma contrastante de ornamentais na região da Serra da Ibiapaba-CE, um polo de cultivo de flores e diversas plantas ornamentais. Isso sucedeu a inclusão de experimentos de hibridação de gerânios do gênero *Pelargonium* e Vincas (*Catharanthus roseus*) e de seleção de roseiras (*Rosa* spp.), junto ao capítulo de hibridação e dissimilaridade genética de pimentas ornamentais para formar uma tese de quatro capítulos distintos intitulada de “Melhoramento genético de plantas ornamentais com ênfase em *Capsicum* spp., *Pelargonium* spp., *Catharanthus* spp. e *Rosa* spp.”.

Gérson do Nascimento Costa Ferreira

## RESUMO

Planta ornamental é toda aquela cultivada por sua beleza e compreende, basicamente, as flores de vaso e de corte, espécies arbustivas e arbóreas. O faturamento total para todos os aspectos da floricultura é estimado em mais de 300 bilhões de dólares, entretanto, o mercado de ornamentais sempre carece de novidades, e novos produtos acrescentam competitividade ao setor e aumentam consideravelmente a margem de lucro. O presente estudo tem como objetivo a obtenção de híbridos de pimentas ornamentais do gênero *Capsicum*, híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium* e de vincas (*Catharanthus roseus*) e a seleção de roseiras com potencial termotolerante (*Rosa* spp.). O germoplasma citado foi coletado nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão e os experimentos foram conduzidos em telados na cidade de Ibiapina, Serra da Ibiapaba, no Ceará e em Teresina, Piauí, no Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí. Os genótipos coletados, genitores envolvidos em cruzamentos e descendentes F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> foram caracterizados com base em descritores qualitativos multicategóricos e quantitativos publicados pelo IPGRI e UPOV. Os dados dos descritores quantitativos foram submetidos à análise de variância univariada, seguida do agrupamento das médias (Scott-Knott, a 5% de probabilidade), e os dados dos descritores qualitativos multicategóricos foram ponderados a partir da moda observada. Também foram realizadas análises de agrupamentos UPGMA e pelo método de Tocher, análises dialélica, verificação de heterose e heterobeltiose e análises estatísticas descritivas. Pelas análises de dissimilaridade genética foi possível verificar pimentas ornamentais (BGC-UFPI: 199, 203, 258 e 260) e gerânios (F<sub>1</sub>: G8, G11 e G17) com caracteres similares ou superiores aos das plantas ornamentais disponíveis no mercado floricultor. Pelas hibridações foram obtidos gerânios (F<sub>2</sub>: 09x07, 11x10, 12x09, 12x11, 13x11, 15x12 e 18x17), pimentas (F<sub>1</sub> BCG-UFPI: H3–220x258; H2–207x203; H7–98x257 e H8–199x207) e vincas (ORN-UFPI F<sub>1</sub>: H11 e H25 de V.01xV.02 e as F<sub>2</sub>: H13 de V.01xV.02 e H1 de V.03xV.04) que podem ser indicados para a comercialização ou por exibirem caracteres distintos para formatos, altura e cores podem avançar no programa de melhoramento genético, resultando em posterior proteção ou registro de novas cultivares. Para a seleção de roseiras, 35,5% dos genótipos caracterizados sob estresse térmico (01, 04, 05, 06, 10, 12, 16, 25, 29, 30, 40, 41, 42 e 43) exibiram potencial termotolerante e devem ser avaliados em estudos de termoestabilidade e de melhoramento visando resistência às altas temperaturas.

**Palavras-chave:** Gerânios. Hibridação. Pimenta ornamentais. Roseiras termotolerantes. Vincas.

## ABSTRACT

Ornamental plant is any plant cultivated for its beauty and includes, basically, potted and cut flowers, shrubs, and trees species. The total revenue for all aspects of floriculture is estimated at over 300 billion dollars, however, the ornamental market always lacks novelty, and new products add competitiveness to the sector and considerably increase profit margins. This study aims to obtain hybrids of ornamental peppers from the *Capsicum* genus, geranium hybrids from the *Pelargonium* genus, and vinca (*Catharanthus roseus*); as well as the collection and selection of heat-tolerant rose varieties (*Rosa* spp.). The mentioned germplasm was collected in the states of Ceará, Piauí, and Maranhão, and the experiments were conducted in greenhouses in the city of Ibiapina, Serra da Ibiapaba, in Ceará, and in Teresina, Piauí, at the Department of Plant Science of the Universidade Federal Piauí. The collected genotypes, parent plants involved in crosses, and F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> descendants were characterized based on qualitative and quantitative descriptors published by IPGRI and UPOV. The data from quantitative descriptors were subjected to univariate analysis of variance, followed by mean grouping (Scott-Knott test at 5% probability), and the data from qualitative descriptors were weighted based on the observed mode. UPGMA clustering analysis, Tocher's method analysis, diallel analysis, verification of heterosis and heterobeltiosis, and descriptive statistical analyses were also performed. Through genetic dissimilarity analyses, it was possible to identify ornamental peppers (BGC-UFPI: 199, 203, 258, and 260) and geraniums (F<sub>1</sub>: G8, G11, and G17) with similar or superior characteristics compared to the ornamental plants available in the floriculture market. Through hybridizations, geraniums (F<sub>2</sub>: 09×07, 11×10, 12×09, 12×11, 13×11, 15×12, and 18×17), ornamental peppers (F<sub>1</sub> BCG-UFPI: H3– 220×258; H2– 207×203; H7– 98×257; and H8– 199×207), and vincas (ORN-UFPI F<sub>1</sub>: H11 and H25 from V.01×V.02 and F<sub>2</sub>: H13 from V.01×V.02 and H1 from V.03×V.04) were obtained, which can be recommended for commercialization or for exhibiting distinct characteristics in terms of shapes, height, and colors, advancing the genetic improvement program and resulting in subsequent protection or registration of new cultivars. For the selection of roses, 35.5% of the genotypes characterized under thermal stress (01, 04, 05, 06, 10, 12, 16, 25, 29, 30, 40, 41, 42, and 43) exhibited heat-tolerant potential and should be evaluated in thermo-stability studies and improvement aiming at resistance to high temperatures.

**Key words:** Geraniums. Hybridization. Ornamental peppers. Thermotolerant roses. Vincas.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 A floricultura e seus aspectos etnobotânicos.....	14
2.2 O mercado mundial de flores e plantas ornamentais.....	16
2.3 O setor floricultor no Brasil .....	18
2.4 A produção de flores no nordeste brasileiro .....	21
2.5 O melhoramento genético de flores e plantas ornamentais.....	23
Referências .....	30
3 DISSIMILARIDADE GENÉTICA E CRUZAMENTOS BIPARENTAIS ENTRE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS	
Resumo .....	36
Abstract .....	37
3.1 Introdução .....	38
3.2 Material e Métodos .....	40
3.3 Resultados e Discussão.....	46
3.4 Conclusões .....	72
Referências.....	73
4 ANÁLISE DIALÉLICA E OBTENÇÃO HÍBRIDOS DE GERÂNIOS ( <i>Pelargonium</i> spp.)	
Resumo .....	79
Abstract.....	80
4.1. Introdução.....	81
4.2. Material e Métodos .....	83
4.3 Resultados e Discussão.....	88
4.4 Conclusões .....	147
Referências.....	148

## SUMÁRIO

5 HIBRIDAÇÃO ARTIFICIAL EM VINCAS ( <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G.Don)	
Resumo .....	152
Abstract .....	153
5.1 Introdução .....	154
5.2 Material e Métodos .....	156
5.3 Resultados e Discussão .....	159
5.4 Conclusões .....	175
Referências .....	176
6 SELEÇÃO DE ROSEIRAS TERMOTOLERANTES	
Resumo .....	179
Abstract.....	180
6.1. Introdução .....	181
6.2. Material e Métodos .....	183
6.3 Resultados e Discussão .....	190
6.4 Conclusões .....	205
Referências.....	206
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	210
ANEXO .....	212

## 1 INTRODUÇÃO

Planta ornamental é toda aquela cultivada por sua beleza e compreende, basicamente, as flores de vaso e de corte, espécies arbustivas e arbóreas, que normalmente são usadas na jardinagem e paisagismo (IBRAFLOR, 2018). O faturamento total para todos os aspectos da floricultura é estimado em mais de 300 bilhões de dólares (CHANDLER; SANCHEZ, 2012).

Estudos sobre plantas ornamentais são muito importantes (GOTLIEB et al., 1996; SIVIERO et al., 2014), especialmente no Brasil, pois além de ser campeão mundial de variedades de flores, possui a flora mais rica do mundo e reúne em torno de 50 mil espécies vegetais (MMA, 1998; SEMACE, 2016).

Plantas e suas flores com cores e formatos variados, aromas agradáveis revelam um mecanismo natural de atração para polinizadores, porém, os seres humanos também atraídos pela beleza e utilidade das plantas ornamentais tem sua história correlacionada a esse grupo de vegetais em diversas civilizações pelo mundo, com registros mais antigos dessa cooperação datados do período neolítico (VIDAL; VIDAL, 2013; WILSON; KENDAL; MOORE, 2016).

As plantas ornamentais desempenham importante papel na elaboração e na transformação de espaços urbanos, litorâneos e rurais. Além da sua função paisagística, os componentes vegetais exercem atividades químicas, melhorando a qualidade do ar, reduzem impactos causados pelo vento e chuva auxiliando na conservação solo, e ainda funcionam como ambiente que fornece abrigo para a fauna existente, especialmente fornecendo habitat e alimento para diversos insetos polinizadores (KÄMPF, 2005; LOGES et al., 2013; ROLLINGS; GOULSON, 2019; MARQUARDT, 2021).

A produção comercial de flores e plantas ornamentais é genericamente definida como floricultura. Geralmente, são produções hortícolas intensivas, que exigem mão-de-obra especializada, ocupando áreas reduzidas, mas cuidadosamente escolhidas e tecnificadas. Esse setor apresenta grandes potencialidades e diversidade de produtos, tais como: flores de corte e de vaso; flores desidratadas; plantas ornamentais de vaso; folhagens; árvores e arbustos para uso paisagístico; mudas; sementes e substratos (PETRY; BELLÉ, 2017).

Mesmo com toda a potencialidade atual do mercado de flores e plantas ornamentais, este sempre requer novidades, uma vez que novos produtos agregam competitividade ao setor e aumentam consideravelmente a margem de lucros (COSTA et al., 2019). O desenvolvimento de linhagens puras e a obtenção de híbridos junto a tecnologia do DNA recombinante têm feito do melhoramento genético um dos propulsores do mercado de flores.

Assim, mesmo em plantas já melhoradas, como os gerânios (*Pelargonium*) e as vincas (*Catharanthus*), existe variabilidade disponível para a obtenção de híbridos distintos e superiores aos existentes no mercado. Em pimentas *Capsicum* com potencial ornamental, após verificação da variabilidade genética e por meio de cruzamento biparentais é possível encontrar novidades nas progênies para aspectos ornamentais.

Com as mudanças climáticas, o melhoramento também busca plantas tolerantes às altas temperaturas, e considerando que rosas são as ornamentais economicamente mais importantes (IBRAFLOR, 2021), devem existir rosas termotolerantes em regiões de clima tropical e semiárido, que podem ser coletadas e caracterizadas em cidades com elevadas temperaturas, como Teresina-PI, para a seleção dos genótipos termotolerantes, e que após confirmação por análises de termoestabilidade, podem ser disponibilizados no mercado local via propagação vegetativa.

Diante disso, objetivou-se com o presente estudo a obtenção de híbridos de pimentas ornamentais do gênero *Capsicum*, híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium* e de vincas (*Catharanthus roseus*) e a seleção de roseiras com potencial termotolerante (*Rosa* spp.).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A floricultura e seus aspectos etnobotânicos

As angiospermas contam com cerca de 250.000 espécies, incluindo uma enorme diversidade de formas. Trata-se do grupo mais representativo de seres vivos em número de espécies, sendo superado apenas pelos insetos (RAVEN et al., 1984). Segundo Raven et al. (2001), as angiospermas constituem a maior parte do mundo visível das plantas modernas. Árvores, arbustos, gramados, jardins, campos de trigo e milho, flores silvestres, as frutas e os legumes nos mercados, os pontos brilhantes de cores nas vitrines das casas de flores, os gerânios nas jardineiras, ou seja, em geral, onde quer que vá ali existirão plantas floríferas.

De acordo com Purves et al. (2006) estas espécies são traqueófitas caracterizadas por dupla fertilização, um endosperma triploide e sementes contidas em folhas modificadas denominadas carpelos. Seu xilema contém células denominadas elementos de vaso e fibras, e seu floema possui células companheiras.

É inquestionável o sucesso evolutivo das angiospermas, as flores e frutos contribuíram para a irradiação deste grupo por todo o planeta, apesar da enorme quantidade de espécies descobertas, estima-se que ainda existem muitas a serem classificadas, principalmente no Brasil, um dos maiores centros de biodiversidade do planeta.

O fato das flores se revestirem das mais variadas e lindas cores, delas apresentarem formas perfeitas ou bizarras, ou de desprenderem aromas agradáveis, como o dos jasmims ou das magnólias, revela um mecanismo natural de atração para animais, os quais, ao visitarem as flores em busca de alimento promovem a polinização (VIDAL; VIDAL, 2013). As flores além de atrair os animais, fascinam o ser humano, esse fascínio faz com que estes as plantem em jarros e em jardins em casas e praças e para adornar diversos ambientes.

Nesse contexto, Loges et al. (2013) apontam que a introdução de uma espécie exótica pode ser tão bem sucedida, do ponto de vista de adaptação, que pode se transformar num problema ambiental, uma ameaça aos ecossistemas, habitats ou espécies, processo esse conhecido como bioinvasão ou invasão biológica.

Alternativamente, flores e plantas tropicais têm se destacado no Brasil por exibirem aspectos estéticos exóticos, diversas cores e formatos, resistência ao transporte, durabilidade pós-colheita, além de grande aceitação no exterior (LOGES et al., 2005).

De acordo com *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2017), existe em torno de 4 a 6 mil espécies ornamentais que são comercializadas mundialmente. Somente de variedades brasileiras mais de 60 espécies já estão registradas em catálogos internacionais. Para o registro de uma cultivar deve ser levando em consideração uma lista de descritores para verificar a distinção, homogeneidade e estabilidade da variedade obtida.

Em 2002, ocorreu a publicação dos descritores da primeira planta ornamental, a rosa (FAO, 2017), devido esta ser a ornamental mais comercializada e cultivada em todo o mundo (FLORAHOLLAND, 2017), também são as mais antigas flores cultivadas, por sua beleza, perfume e potencial medicinal e alimentício. Ao longo da história as rosas têm representado símbolos românticos, dinastias, medalhas, condecorações e dinheiro, e sempre sem perder o seu maior significado, a beleza (BARBOSA, 2003 ; STUMPF; BARBIERI, 2005).

Pinturas datadas de 1800 a.C, na Grécia, exibem plantas puramente ornamentais como lírios, narcisos e rosas, mostrando que a história das sociedades humanas se moderniza junto com o uso de plantas para fins ornamentais. Jardins para plantas ornamentais e flores perfumadas se multiplicaram em muitas civilizações. Nas Américas, além da exploração inicial por ouro e prata, expedições dedicadas somente à coleta de plantas, especialmente ornamentais, eram comuns (MAUSETH, 1995).

Stumpf e Barbieri, (2005) e Lorenzi e Souza (2008) concordam com Mauseth (1995) que com a jardinagem, cultivo de flores, com o paisagismo em geral, somado aos avanços das tecnologias ao longo da história das civilizações, o ser humano passa a considerar as plantas ornamentais como algo além do lazer e do bem-estar, começa a utilizá-las como forma de gerar produtos e renda, desenvolvendo assim o que conhecemos atualmente por floricultura.

## 2.2 O mercado mundial de flores e plantas ornamentais

O mercado mundial de flores e plantas ornamentais abrange muitos países fornecedores e consumidores, bem como variados produtos. Em 2018, as exportações mundiais foram transacionadas entre 102 países, somando 20,90 bilhões de dólares (BRAINER, 2019).

Ainda conforme Brainer (2019), a Holanda (Países Baixos), responsável por 51,2% dos valores movimentados com as exportações mundiais, exerce grande influência nesse mercado por abrigar o maior *Hub* mundial de flores e plantas ornamentais. A Colômbia, em segundo lugar nas exportações mundiais, é pioneira no transporte marítimo de flores de corte. Juntamente com o Equador, Quênia e Etiópia, tornaram-se os principais fornecedores das grandes cadeias varejistas localizadas em países desenvolvidos.

Segundo o *World Map Floriculture* (2022), os cinco maiores mercados importadores de flores são Estado Unidos da América, União Europeia, Reino Unido, Rússia e Japão.

Na América, a Colômbia é o principal fornecedor de flores cortadas para os Estados Unidos, com um valor de importação de quase 1 bilhão de dólares. A participação das importações do país não mudou na última década e é de cerca de 60%. Algumas das principais empresas colombianas são de propriedade de atacadistas americanos. Os produtores colombianos enviam suas flores cortadas por via aérea ou marítima. Como a Colômbia está localizada diretamente nos oceanos Atlântico e Pacífico, os produtores colombianos podem facilmente abastecer a Flórida e a Califórnia por frete marítimo. Mas, além disso, o aeroporto de Bogotá tem voos regulares para Miami, que é o principal *hub* de flores dos Estados Unidos (WORLD MAP FLORICULTURE, 2022).

Segundo estudos da RaboBank (2015), apesar da Holanda exercer influência no mercado internacional, novos polos de produção têm se desenvolvido, dinamizando o mercado internacional. Entre os novos polos, destaca-se Colômbia, Quênia, Equador e Etiópia. Devido à alta competitividade desses países na produção de flores e plantas ornamentais, estes se tornaram os principais fornecedores das

grandes cadeias varejistas localizadas em países desenvolvidos, como EUA e Reino Unido.

África, Quênia e Etiópia são os principais fornecedores de flores para os países da União Europeia com importações acima de 1,14 bilhão de dólares. Mesmo com a escassez de tráfego aéreo em 2020, os países africanos mantiveram os lucros com exportações devido à alta dos preços das flores cortadas (WORLD MAP FLORICULTURE, 2022).

Em relação ao Reino Unido, em 2020, a situação ainda era comparável a 2015, onde a Holanda forneceu aproximadamente 80% das importações totais de flores de corte do Reino Unido, totalizando cerca de US\$ 830 milhões. A oferta atual ainda é dominada por rosas e parte das flores cortadas é vendida em buquês mistos (RABOBANK, 2021; HORTICULTURE WEEK, 2021).

Dos cinco maiores mercados importadores de flores cortadas, a Rússia é o mais volátil. As importações caíram de US\$ 493 milhões em 2015 para US\$ 271 milhões em 2020 (RABOBANK, 2021). O Japão é o maior importador de flores cortadas da Ásia (FLORALDAILY, 2022). A maior parte de suas importações é fornecida por países do Sudeste Asiático, onde se destacam Malásia, Taiwan e Tailândia como principais exportadores de orquídeas para o Japão (THAMMASIRI, 2016). Já a China é um tradicional fornecedor de lírios (GRASSOTTI, GIMELLI, 2010), enquanto o Vietnã fornece principalmente crisântemos (NGUYEN, 2016).

A indústria das flores sempre atua procurando entrar em novos mercados e busca sempre por novas oportunidades para aquecer o setor. Nos últimos cinco anos, a indústria concentrou-se na venda de flores cortadas para diversos países, porém as interrupções logísticas devido a pandemia da Covid 19 causaram um declínio em 2020 (IBRAFLOR, 2022a; IBRAFLOR 2022b, WORLD MAP FLORICULTURE, 2022).

Desde março de 2020, as medidas governamentais para controlar a pandemia de Covid-19 causaram interrupções logísticas por todo o mundo (RABOBANK, 2021; IBRAFLOR, 2022a). Num mercado internacional como o da floricultura, isso afetou de imediato o consumo e produção local e o comércio internacional. Os revendedores de flores e plantas ornamentais tiveram de procurar novas formas de vender os seus produtos aos consumidores, o que impulsionou as vendas *online* (WORLD MAP FLORICULTURE, 2022; MIRANDA, 2022).

Atacadistas, varejistas de flores e prestadores de serviços de logística tiveram que buscar novas formas de organizar a cadeia de abastecimento (BRAINER, 2020; IBRAFLOR, 2022a; ROYAL FLORAHOLLAND, 2023). Alguns produtores tiveram que interromper a produção por um tempo porque seus compradores não podiam garantir as vendas ou os prestadores de serviços de logística não podiam garantir o transporte para os mercados finais. Em 2021, a maioria dos produtores conseguiu acelerar sua produção novamente e as vendas aumentaram em todo o mundo (RABOBANK, 2021).

Contudo, a mudança para o varejo *online* continua, pesquisas regulares de mercado em quatro países europeus (Reino Unido, Holanda, França e Alemanha) mostram o crescimento contínuo dos canais de varejo *online*. O Reino Unido é um pioneiro nesta área. Tanto as vendas *online* de vasos de plantas quanto de flores cortadas apresentam crescimento constante em detrimento das feiras livres e floriculturas. Este crescimento foi positivamente afetado pela pandemia e pelo aumento de fornecedores *online*. Antes de 2020, as vendas *online* já apresentavam crescimento constante, mas, desde então, o *e-commerce* ganhou força (RABOBANK, 2021; ROYAL FLORAHOLLAND, 2023).

### **2.3 O setor floricultor no Brasil**

Em 2020, mesmo durante o período de isolamento social por ocasião da pandemia da COVID 19, o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2021) destacou que o setor ornamental no Brasil movimentou o mercado com mais de 9,5 bilhões de reais, um aumento de 10% a mais no faturamento em relação ao ano anterior. Já em 2021, mesmo com dificuldades, o setor manteve o crescimento constante com faturamento de quase 11 bilhões de reais. Miranda (2022) aponta que o faturamento do mercado de flores no Brasil cresce entre 12% e 15% anualmente.

Durante os anos de pandemia houve notório decréscimo na produção em alguns segmentos do setor floricultor brasileiro. Segundo os dados do Ibraflor (2021), as plantas ornamentais eram responsáveis por 50% da produção em 2020, caindo para 24% do total da produção em 2021. Em relação as flores de corte, em 2020,

estas representavam 29% da produção de todo o setor, já em 2021 passaram a corresponder a apenas 15%.

A floricultura sofreu com os *lockdowns* no início da pandemia e com os cancelamentos de festas e outros eventos. Houve queda brutal na demanda por decoração com flores de corte (rosas, crisântemos, astromélias, lírios, entre outras). O tratamento do consumo de flores como algo supérfluo no início da pandemia foi revertido graças a campanhas intensas dos produtores, sobretudo no varejo, em supermercados e floriculturas (MIRANDA, 2022).

O Ibraflor (2022b) ressalta que durante o período mais crítico da pandemia, os supermercados puderam comercializar parte da produção de flores, e mesmo com os bloqueios devido a Covid-19, a indústria de flores utilizou tal espaço, um dos poucos lugares que ainda se podia fazer compras, para escoar a produção e estimular novos tipos de consumos.

A jardinagem e plantas para decoração ajudaram no crescimento do mercado de flores entre 2020 e 2021 (MIRANDA, 2022). E, mesmo com o recuo vendas e produção por ocasião do isolamento social durante a pandemia, a jardinagem, o paisagismo com uso de plantas ornamentais e flores de vaso mantiveram o setor em crescimento. Quando consultamos os dados por segmento de produção do Ibraflor (2022a) para flores de vaso observou-se um incremento de produção e comercialização no período. Em 2020, 18% da produção do setor floricultor foi composta por flores de vaso, já em 2021 a produção destas correspondeu a 58% do que foi produzido no país.

Pessoas em *home office*, confinadas, buscaram maior reconexão com a natureza. Os floristas propuseram opções: da decoração com flores e até no cultivo limitado de plantas ornamentais, para tornar o ambiente de trabalho mais prazeroso e dar maior aconchego e bem-estar às casas. Durante o isolamento, a jardinagem passou a ser praticada nas casas e se tornou um *hobby* de muitos brasileiros. Isso ampliou e diversificou a demanda (MIRANDA, 2022, IBRAFLOR, 2022a).

O Brasil conta, atualmente, com cerca de 8 mil produtores de flores e plantas. Juntos, eles cultivam mais de 2500 espécies com cerca de 17.500 variedades (IBRAFLOR, 2021). Ainda segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura, o mercado de flores é uma importante engrenagem na economia brasileira, responsável por mais de 200 mil empregos diretos (relativos à produção, distribuição, varejo e redes de apoio) e por mais de 800 mil empregos indiretos.

No Censo Agropecuário do IBGE realizado em 2017 mais de 12.000 pessoas declararam serem floricultores e de acordo com a Embrapa territorial (2022), em janeiro de 2022, dos pequenos agricultores com Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), 3.152 declararam-se produtores de flores, além de outras atividades, com expressiva presença no Nordeste e até na Amazônia.

Segundo o Sebrae (2015), a floricultura empresarial brasileira é essencialmente focada no consumo interno. De acordo com o Ibraflor (2022a) mais da metade do consumo se concentra no Estado de São Paulo (cerca de 40%). O mercado nacional absorve 97,5% da produção. Só uma pequena porcentagem é destinada à exportação. Os principais polos de produção estão no Estado de São Paulo, em Arujá, Atibaia, Holambra e Ibiúna. Outros em Andradas, Barbacena, Munhoz (MG); Nova Friburgo, Petrópolis, Serra da Mantiqueira (RJ); Vale do Caí (RS); Joinville e Corupá (SC); e Serra da Ibiapaba (CE). Flores e folhagens tropicais são produzidas em localidades no litoral do Nordeste (AL, PE, RN e BA).

A região sudeste concentra a maior parcela da produção brasileira de flores e plantas ornamentais, agregando 53,3% do número global de produtores e 65,9% da área total cultivada com flores e plantas ornamentais no país. Soma, ainda, a maior parcela de toda a área nacional de estufas para a floricultura (SEBRAE, 2015).

São Paulo é o estado onde mais se produz flores e plantas ornamentais de vaso, com uma larga diferença para outras unidades da Federação, além de ser o maior consumidor. Por consequência, é onde mais se emprega mão-de-obra familiar (CNA, 2022).

O Brasil produz 15.000 hectares de flores, o que representa 8% da produção mundial (IBRAFLOR, 2022a). Segundo Miranda (2022), aproximadamente 9% das flores e plantas são cultivadas em estufas, 3% sob telados ou sombrite e 88% em campo aberto ou ao ar livre. Das 350 espécies e suas 3.000 cultivares, nativas e

exóticas, 30% são flores e folhagens de corte, 39% são plantas e flores de vaso e 31% plantas ornamentais e para paisagismo.

As principais variedades de flores cultivadas no Brasil quando se trata de flores cortadas são: rosas, crisântemos, astromélias, lírios e lisiantos. No caso de plantas em vasos, as orquídeas, sedo as *Phalaenopsis* as mais produzidas e comercializadas. *Kalanchoe* ocupa a segunda posição, em seguida os crisântemos e antúrios (IBRAFLOR, 2021).

Rosa é a flor mais produzida no Brasil, evidentemente é a mais consumida também. No entanto, nos últimos anos a astromélia tem crescido fortemente e agora parece ter encontrado seu patamar de equilíbrio (IBRAFLOR, 2021).

De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2022) entre janeiro e julho de 2022 o Brasil exportou US\$ 7,1 milhões em produtos de floricultura, sendo a maior parte com 'mudas de plantas ornamentais', correspondendo a US\$ 2,9 milhões do faturamento. Seguida por 'bulbos, tubérculos, rizomas e similares' que comercializou US\$ 2,6 milhões para fora do país. 'Folhagens, folhas, ramos de plantas, secos e itens para buquê' atingiu US\$ 1,1 milhão em vendas para o mercado externo. Países Baixos representaram 38,43% da receita, Estados Unidos na sequência com 16,14% do total exportado. A Itália é o terceiro maior comprador com 12,51%.

#### **2.4 A produção de flores no nordeste brasileiro**

A região Nordeste ainda fica atrás das regiões sudeste e sul em relação a produção e área cultivada com flores e plantas ornamentais. De acordo com o Sebrae (2015), o Nordeste apresenta índice de 7,6% na distribuição nacional da área cultivada, destacando as participações regionais dos estados do Ceará (2,6%), Pernambuco e Alagoas, com 1,4% de participação cada.

Os principais polos de produção de flores no Nordeste estão localizados no Ceará, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte e Bahia. Flores e folhagens tropicais são produzidas em localidades no litoral do Nordeste (AL, PE, RN e BA). Já no Ceará, especialmente na Serra da Ibiapaba, ocorre a produção de diversas

variedades de rosas, inclusive rosa *spray*, mini roseiras que formam cachos (IBRAFLOR, 2022a).

No Ceará encontra-se o maior volume de rosas produzidas em estufas, tornando-se os principais produtores de flores e plantas ornamentais da região (IBRAFLOR, 2017). O estado alcançou lugar de destaque no *ranking* como o principal Estado brasileiro exportador de rosas no mundo no ano de 2007, sendo responsável por 71,54% da exportação de rosas no país (JUNQUEIRA; PEETZ, 2009).

Além de rosas, no Ceará ocorre a frequente produção de astromélias, gérberas, crisântemos, áster, rosa-do-deserto, girassol, lisiantos, gipsófilas e begônias. De acordo com Neves e Pinto (2015), o estado do Ceará também é reconhecido por sua aptidão locacional, que permite tanto a produção de rosas e plantas ornamentais quanto melhor proximidade aos principais países importadores. O estado conquistou a participação no mercado de rosas com um grande volume de produção em ambiente protegido, assim como as exportações para outros estados e países. Outro fator favorável ao estado do Ceará é a grande quantidade de horas de sol durante o ano e as condições edafoclimáticas uniformes, como ausência de geadas e granizo, o que favorece a produção agrícola como um todo (IBRAFLOR, 2017).

Os principais polos de produção identificados pelo Instituto Agropolos do Ceará (2014), em sua análise do Território Rural de Identidade, foram os polos Metropolitano e Vale do Curu, Cariri, Maciço de Baturité, Aracatiaçu e Ibiapaba.

O polo da Ibiapaba conta com empresas que utilizam tecnologias avançadas para o cultivo de rosas e realizam o abastecimento interno no estado, para o mercado nacional e produzem para o mercado externo (BRAINER, OLIVEIRA, 2007).

O Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Associação dos Municípios do Estado do Ceará (Aprece), Universidade Federal do Ceará (UFC), Agência de Desenvolvimento Econômico do Estado (Adece), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Ceará (Sebrae-CE) e Instituto Agropolos do Ceará firmaram parceria para criar o projeto Rosas da Ibiapaba, com o objetivo de transformar a Serra da Ibiapaba em um dos maiores polos brasileiros de produção de rosas (BRAINER, 2019).

Ainda segundo Brainer (2019), o Ceará, atualmente é o terceiro estado nacional que mais emprega mão de obra na floricultura, depois de São Paulo e Minas Gerais, os principais produtores estaduais. Esse é um dado que merece destaque, pois revela

a importância econômica dessa atividade para um estado inserido numa região semiárida.

Pernambuco é o estado pioneiro no cultivo de flores e plantas tropicais no Brasil (BRAINER, OLIVEIRA, 2007). Flores tropicais das famílias botânicas Heliconiaceae, Zingiberaceae, Costaceae e Araceae são cultivadas principalmente na Zona da Mata e Litoral. As condições climáticas da região favorecem a época de florescimento, coloração, tamanho das inflorescências e qualidade das hastes (LOGES et al., 2005).

A produção de flores e plantas ornamentais encontra-se difundida por diversos municípios que compõem as seguintes regiões fisiográficas do Estado: Região Metropolitana de Recife, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, São Francisco Pernambucano e Sertão Pernambucano (BRAINER, 2019).

Os principais municípios pernambucanos produtores de flores e plantas ornamentais são: Gravatá, Camaragibe, Barra de Guabiraba, Bonito, Paudalho, Paulista, Petrolina, Água Preta e Igarassu. A produção destina-se prioritariamente ao abastecimento da própria região metropolitana de Recife e, em menor proporção, a outros estados do Nordeste. O estado já chegou a se destacar, antes da crise do mercado internacional da floricultura, na exportação de flores e folhagens tropicais, especialmente para Portugal, Espanha, França, entre outros países europeus (SEBRAE, 2015; BRAINER, 2019).

O terceiro polo em importância na floricultura nordestina é representado pelo estado de Alagoas. Nesta área, o cultivo de flores é praticado particularmente na Zona da Mata, a qual apresenta condições edafoclimáticas adequadas para o cultivo de espécies tropicais (SEBRAE, 2015).

## **2.5 O melhoramento genético de flores e plantas ornamentais**

O melhoramento genético de plantas envolve um conjunto de procedimentos, com fundamentação científica, visando a alteração de caracteres, de modo que os novos genótipos obtidos possibilitem o aumento na produtividade e qualidade do produto final (VALOIS et al., 2001).

O melhoramento de plantas relaciona-se a vários caracteres agronomicamente importantes. De modo geral, objetiva-se identificar e selecionar genótipos superiores

quanto a produtividade e qualidade do produto agrícola. Trabalha-se então visando obter o que chamamos de ideótipo de planta. Também visa desenvolver cultivares com tolerância ao estresse hídrico, adaptação a elevados teores de elementos tóxicos no solo, precocidade de produção, mudanças no comprimento do ciclo de frutificação, tolerância/resistência a doenças, tolerância às pragas, de modo que o resultado final signifique maior lucratividade para o investidor e maior satisfação para o consumidor (VALOIS et al., 2001, BUENO; MENDES; CARVALHO, 2013).

Segundo Valois et al. (2001), embora que a conceituação do melhoramento genético como arte e ciência de transformar geneticamente as plantas em proveito do homem, com os avanços dos conhecimentos em Genética, juntamente com outras ciências como a Botânica, Estatística, Bioquímica, Fitopatologia, Fisiologia e Ciências do Solo, entre outras, o melhoramento tornou-se mais ciência e menos arte.

No entanto, a habilidade do melhorista *per se*, não deve ser negligenciada, principalmente no que se refere a uma rápida identificação da diversidade e escolha dos indivíduos que, a partir de um competente planejamento científico e da correta manipulação e direcionamento das características herdáveis de interesse, possam permitir que se alcance de forma segura, o estabelecimento de novas variedades (VALOIS et al., 2001).

Borém, Miranda e Fritsche-Neto (2021) descrevem que o melhoramento também tem atuado na obtenção de plantas ornamentais e flores, com resultados muito expressivos. Diversas espécies apresentam híbridos com beleza e aroma exuberantes que cativam o consumidor. Merecem destaques as flores de corte: rosas, crisântemos, gérberas, cravos, lírios, gipsófilas, gladiolos, antúrios, helicônias e estrelíztias; as flores de vaso: violetas, primulas, gloxínias, orquídeas, bromélias, azáleas e begônias; os arbustos de vaso: samambaias, comigo-ninguém-pode, fícus, asplênios, ciprestres, dracenas, fitônias, espatifilos, peperômias, filodendros e singônios; e plantas para paisagismo: palmeiras, primaveras, hibiscos, cicas, tuias, sálvias, tagetes, impatiens, gerânios, petúnias e cravinas.

Para o sucesso de um programa de melhoramento, é fundamental a busca por diversidade genética em populações naturais e cultivadas, pois a partir dela, a seleção se torna possível. Além disso, a variabilidade genética fornece os parâmetros necessários para a identificação de genitores contrastantes, propiciando a obtenção de genótipos superiores a partir de uma população segregante (BARELLI et al., 2009).

A introdução e a avaliação do germoplasma constituem um processo rápido de seleção e inclusão de novas variedades ao sistema produtivo e de ampliar a variabilidade genética (NASS et al., 2001). Esse método permitiu ao Brasil apropriar espécies e variedades que lhe possibilitaram passar de importador para exportador de produtos vegetais como, por exemplo, entre outros soja, trigo, milho, café, arroz e citros (POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2020).

Em relação ao melhoramento genético de ornamentais, diversas flores de climas diferentes aos do Brasil foram introduzidas com sucesso aos longos dos anos. É válido destacar a introdução de germoplasma mais recentes como os gerânios *Pelargonium* (SOUZA; LORENZI, 2012) e das rosas-do-deserto do gênero *Adenium* (DOS SANTOS et al., 2015).

Nos últimos anos, o cultivo comercial de gérbera de vaso e de corte tornou-se de grande importância econômica para a floricultura. Porém, sua introdução como flor envasada é recente no Brasil (LUDWIG et al. 2014). Já as roseiras, são um dos exemplos mais antigos de introdução de germoplasma, as quais foram introduzidas no Brasil pelos jesuítas entre os anos de 1560 e 1570, mas somente a partir de 1829 ocorreu o plantio de roseiras em jardins públicos (STUMPF; BARBIERI, 2005).

As rosas, por exemplo, são comumente encontradas nas residências, praças e jardins por todo o país, o que mostra a importância de como novos genótipos podem trazer novidades para um programa de melhoramento e, conseqüentemente para o mercado de flores.

Com o exemplo de sucesso de roseiras e de outras flores no Brasil, os processos de introdução e adaptação de novas espécies, cultivares e híbridos no país estão se intensificando. A esse respeito, a Câmara Temática de Flores do Ceará está concentrando suas ações no Projeto de Introdução de Novos Cultivares, cujo valor de venda é mais elevado que os produtos tradicionais (BRAINER, 2019).

Em um programa de melhoramento, a seleção é um processo em que são escolhidos os melhores genótipos de acordo com as características desejadas para o uso específico da planta. Valorizam-se a novidade, a resistência a estresses bióticos e abióticos e as particularidades de cada mercado e, cada vez mais, o baixo impacto ambiental da sua produção (BUGALLO; FACCIUTO, 2023).

A caracterização e a seleção são fundamentais para a identificação de plantas para a floricultura e o paisagismo. *Allamanda*, *Passiflora* e *Thunbergia* são exemplos de plantas trepadeiras e subarborescentes que passam por seleção para uso no paisagismo (SILVA; SANTOS JÚNIOR; LOGES, 2021). Pimentas *Capiscum* também tem seu potencial ornamental verificado por métodos de seleção (COSTA et al., 2019, ACEVEDO, 2020).

A hibridação é a fusão de gametas geneticamente diferentes de dois indivíduos, que resulta em descendentes híbridos heterozigóticos para um ou mais *loci*. No melhoramento de espécies autógamas, os híbridos obtidos são avaliados por várias gerações, quando homocigotos e com as características desejáveis, esses recombinantes de seus genitores são selecionados e avaliados em testes comparativos de produtividade (teste de valor de cultivo e uso), sendo os comprovadamente superiores lançados e registrados como cultivares (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

Nas populações alógamas, a hibridação entre indivíduos constitui o mecanismo natural de reprodução e tem o efeito de manter a variabilidade na população e a condição de alta heterozigose nos indivíduos. Em populações com alta variabilidade, a seleção massal ou individual pode ser efetiva como método de melhoramento. De outra maneira, a variabilidade pode ser restaurada ou criada mediante hibridação entre variedades diferentes ou pela síntese de sintéticos de linhagens ou compostos de variedades (MIRANDA-FILHO; NASS, 2001).

Miranda Filho e Nass (2001) ainda mencionam que outros tipos de cruzamentos controlados também são utilizados no melhoramento de espécies alógamas para a obtenção de progênes ou famílias, sendo eles:

Família de meios-irmãos – cruzando-se um indivíduo com toda a população;

Família de irmãos completos ou germanos – cruzamento biparental (planta a planta);

Família *topcross* – cruzamentos de genótipos com um testador comum;

Seleção recíproca – em duas populações cruzam-se genótipos de cada uma com a população contrastante.

Em espécies alógamas para uso ornamental, a hibridação intra e interespecífica tem garantido ampliação da base genética de várias culturas, seja para a obtenção de novas cores e formatos de flores e folhas e melhoria da arquitetura da planta, como em gerânios *Pelargonium* (KAMLAH et al., 2019; BREMAN et al., 2020), em *Rosa* (ZLESK, 2007; LIANG; WU; BYRNE, 2017) e em maracujá ornamental *Passiflora* (FALEIRO et al., 2007; EMBRAPA CERRADOS, 2017).

Além da obtenção de cores, melhoramento também busca plantas híbridas com resistência a estresses bióticos e abióticos, muito comum nas culturas de crisântemos (CHENG et al., 2011) e em *Gerbera* (NAGRALE; GAIKWAD; GOSWAMI, 2013).

Ainda em espécies ornamentais alógamas, após a hibridação, o melhoramento de diversas ornamentais segue pela via da propagação vegetativa, onde o melhorista obtém miniestacas para a multiplicação do genótipo em larga escala como ocorre com gerânios (*Pelargonium* spp.) e roseiras (*Rosa* spp.).

Como visto, os processos de hibridação podem ser feitos com a combinação de um par de genitores, o qual chamamos de cruzamentos biparentais, no entanto, os melhoristas também realizam cruzamentos com múltiplas combinações de genitores, os dialelos. Esse método consiste em um delineamento genético em que são possíveis realizar vários ou todos os cruzamentos dentro de um determinado grupo de genótipos. Gomide (1980) relata que a análise de cruzamentos dialélicos além de permitir a detecção de genitores e cruzamentos superiores, auxilia o melhorista a eleger o método de melhoramento mais eficiente e possibilita a estimação dos diversos parâmetros genéticos.

De acordo com Cruz e Regazzi (2001), o termo dialelo tem sido utilizado para expressar um conjunto de  $p(p-1)/2$  híbridos, resultante do cruzamento entre  $p$  genitores (linhagens, variedades, clones, etc.), podendo incluir, além dos respectivos genitores, os híbridos recíprocos e, ou, outras gerações relacionadas, tais como  $F_2$ 's. Entre as metodologias mais comumente utilizadas citam-se a proposta por Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos da capacidade geral e específica de combinação, a metodologia proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose varietal; e a proposta por Haymam (1954), que dá informações sobre o mecanismo básico de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos genitores.

No Brasil, para que uma nova cultivar possa ser comercializada é necessário à sua inserção no Registro Nacional de Cultivares (RNC), que tem por finalidade habilitar previamente as instituições para a produção e a comercialização de sementes e mudas de cultivares e espécies. Para registrar uma nova cultivar junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) é necessário que essa seja testada em ensaios de VCU, como mencionado anteriormente, para que se possam valorar as características morfoagronômicas da cultivar com as suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais e comerciais (BRASIL, 2023).

Já para a proteção da cultivar obtida no Brasil, o pedido deve ser feito junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), onde este visa assegurar o direito de propriedade intelectual dos obtentores de novas combinações filogenéticas na forma de cultivares distintas, homogêneas e estáveis. A proteção dos direitos intelectuais sobre a cultivar é efetuada mediante a concessão de um certificado de proteção de cultivares, assegurando ao melhorista ou empresa de melhoramento genético, o direito de exploração comercial de uso (*royalties*), por um determinado período (BRASIL, 2023).

Além dos ensaios de DHE, outros requisitos são necessários para a proteção de cultivares junto ao MAPA (BRASIL, 2023).

- Ser produto de melhoramento genético;
- Ser uma espécie passível de proteção;
- Não ter sido comercializada no exterior há mais de quatro anos ou há mais de seis anos, nos casos de videiras ou árvores;
- Não ter sido comercializada no Brasil há mais de doze meses.

Segundo a Associação Brasileira de Proteção de Cultivares de Flores e Plantas Ornamentais (ABPCFlor, 2017) para se chegar a um novo tipo de flor são necessários até oito anos, além disso, a pirataria de cultivares tem prejudicado a indústria das flores. A propagação de novas variedades sem licenciamento gera concorrência desleal, desaquecimento do setor, além de prejudicar a entrada de variedades no país.

A União para a Proteção das Obtenções Vegetais (*Union for the Protection of New Varieties of Plants - UPOV*) é uma entidade de direito público internacional, que é encarregada de administrar os tratados relativos à proteção de cultivares. A UPOV foi estabelecida pela Convenção Internacional para a Proteção de Novas Variedades de Plantas em Paris em 1961, sendo posteriormente revisada em 1972, 1978 e 1991, mantendo o objetivo de propor e promover um sistema efetivo de proteção de variedades vegetais e encorajar o desenvolvimento de novas variedades de plantas em benefício da sociedade (UPOV, 2005).

No Brasil, a Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997 ou Lei de Proteção de Cultivares, foi um marco para o melhoramento genético no país. Desde então, uma planta pode ser registrada e protegida no país. Sendo que tal cultivar só pode ser protegida se tiver seus descritores publicados pelo Ministério de Agricultura, via órgão de proteção, no caso SNPC – Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (BRASIL, 1997).

Mesmo com os avanços da Lei de Proteção de Cultivares, ainda se requer no país uma maior fiscalização, principalmente no setor floricultor em que o germoplasma de muitas espécies ornamentais é de fácil propagação por sementes, bulbos e estacas.

Além dos desafios apontados, é válido ressaltar que as perspectivas para o melhoramento de plantas são promissoras. A Biotecnologia e Engenharia Genética estão cada vez mais presentes nos programas de melhoramento, e aceleram diversas etapas do melhoramento genético e ainda possibilitam a obtenção de genótipos que não ocorreriam de forma natural ou artificial pelos métodos clássicos.

Dentre as principais técnicas biotecnológicas e de engenharia genética aplicadas ao melhoramento de ornamentais, se destacam: O uso da cultura de tecidos para a obtenção de variação somaclonal, muito comum em ornamentais como *Torenia* (NHUT et al., 2013) e *Caladium* (CAO et al., 2016). A indução de poliploidia em vincas (*Catharanthus roseus*) e outras ornamentais (SHALA; DENG, 2018). A transgenia para a modificação da cor de flores, como a obtenção de rosas transgênicas azuis (TANAKA, BRUGLIERA; CHANDLER, 2009) ou de tons arroxeados (NAKAMURA et al., 2015). Crisântemos roxos, violetas e azuis também obtidos pela tecnologia do DNA recombinante (NODA et al., 2013).

Mais recentemente, com aplicação do sistema CRISPR/Cas9 foi possível realizar a edição gênica para a modificação da cor de flores, como em *Ipomoea* (WATANABE et al., 2017) e *Torenia* (NISHIHARA et al., 2018), com essa técnica, também já foi possível aumentar a longevidade das flores de *Petunia*, em que o gene alterado afeta a biossíntese do etileno, e garante maior tempo de vaso para essa ornamental (XU et al., 2021).

Diante de tudo isso, o desenvolvimento de linhagens puras e a obtenção de híbridos junto a tecnologia do DNA recombinante têm feito do melhoramento genético a base da inovação do mercado de flores nacional e internacional.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, A. K. O.S et al. Genetic parameters and simultaneous selection using traits of ornamental interest in pepper plants. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 394-399, 2020.
- BARBOSA, J. G. **Produção Comercial de Rosas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 200p.
- BARELLI, M. A. A et al. Genetic divergence in common beans landrace e cultivars from Mato Grosso do Sul State. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, supl. 1, p.1061-1072, 2009.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**, 8 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2021., 456 p.
- BRAINER, M. S. C. P; **Flores e plantas ornamentais**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, v.4, n.95, 2019. Disponível em: <[https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/205/1/2019\\_CDS\\_95.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/205/1/2019_CDS_95.pdf)>. Acesso em 13 de setembro de 2023.
- BRAINER, M. S. C. P.; OLIVEIRA, A. A. P. **Floricultura**: perfil da atividade no Nordeste Brasileiro. Documentos do Etene, v. 17, Banco do Nordeste do Brasil, 2007, 356p.
- BRASIL. **Lei n. 9.456, de 25 de abril de 1997**. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 abr. 1997. Seção 1. p. 251-262. <Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9456.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9456.htm)>. Acesso em: 26 de outubro de 2023.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. **Melhoramento genético de Plantas: Princípios e Procedimentos**. 2 ed., 1ª reimpressão. Lavras: Editora UFLA, 2013. 319 p.

BUGALLO, V.; FACCIUTO, G. Selection process in ornamental plant breeding. **Ornamental Horticulture**, v. 29, p. 68-75, 2023.

CAO, Z. et al. Somaclonal variation in 'Red Flash' caladium: morphological, cytological and molecular characterization. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 126, p. 269-279, 2016.

CEARÁ. Superintendência Estadual Do Meio Ambiente. **Biodiversidade do Brasil**. SEMACE, 2016.

CHANDLER, S. F., SANCHEZ, C. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. **Plant Biotechnology**, v. 10, p. 891–903, 2012.

CHENG, X. et al. Creating novel chrysanthemum germplasm via interspecific hybridization and backcrossing. **Euphytica**, v. 177, p. 45-53, 2011.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA) 2021. Mercado de Flores no Brasil atingiu R\$10,9 bilhões em 2021. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br/noticias/mercado-de-flores-no-brasil-atingiu-r-10-9-bilhoes-em-2021>>. Acesso em: 04 de março de 2022.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

DOS SANTOS, M. M. et al. Tecnologias para produção de mudas de rosa do deserto. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 3, p. 79-82, 2015.

FALEIRO, F. G et al. BRS Rubiflora: Híbrido de Passiflora para uso como planta ornamental. **Ornamental Horticulture**, v. 13, p. 426-428, 2007.

FLORAHOLLAND. **Product specifications**. Koninklijke Cooperatieve Bloemenveiling FloraHolland U. A. Disponível em: <<https://www.royalfloraholland.com/en>>. Acesso em: 01 de fev. 2018.

GARDNER, C. O., EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v. 22, p. 439-452. 1966.

GRASSOTTI, A.; GIMELLI, F. **Bulb and cut flower production in the genus *Lilium*: current status and the future**. In: II International Symposium on the Genus *Lilium* 900. 2010. p. 21-35.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, v. 39, n. 6, p. 789, 1954.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA (IBRAFLOR). **Mercado de flores**. Holambra, SP: IBRAFLOR, 2017. Disponível em: <http://www.ibraflor.com/site/wp-content/uploads/2017/12/Boletim-Ibraflor-12-2017.pdf>. Acesso em: 27 de dezembro de 2017.

\_\_\_\_\_. **Critérios de qualidade**. Disponível em: [http://www.ibraflor.com/p\\_qualidade.php](http://www.ibraflor.com/p_qualidade.php) >. Acesso em: 04 de jan. 2018.

\_\_\_\_\_. **O mercado de flores no Brasil 01/2021**. Disponível em: <https://www.ibraflor.com.br/boletim-ibraflor>>. Acesso em: 04 de jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Informativo Ibraflor - Abril de 2022(a)**. Disponível em: [https://www.ibraflor.com.br/\\_files/ugd/b3d028\\_26c71b8f74b047e09b620db73ca01c99.pdf](https://www.ibraflor.com.br/_files/ugd/b3d028_26c71b8f74b047e09b620db73ca01c99.pdf)>. Acesso em: 04 de maio, 2023.

\_\_\_\_\_. **Informativo Ibraflor - Julho de 2022(b)**. Disponível em: [https://www.ibraflor.com.br/\\_files/ugd/b3d028\\_3fc6dc8783ac43dea950d825be03426b.pdf](https://www.ibraflor.com.br/_files/ugd/b3d028_3fc6dc8783ac43dea950d825be03426b.pdf)>. Acesso em: 04 de maio, 2023.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Exportações de flores e plantas ornamentais superam US\$ 35 milhões em 2007: recorde e novos desafios para o Brasil. Disponível em: [http://www.hortica.com.br/artigos/Balanc\\_Floricultura\\_2007.pdf](http://www.hortica.com.br/artigos/Balanc_Floricultura_2007.pdf)>. Acesso em: 01 de março de 2022.

KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256p.

LIANG, S.; WU, X.; BYRNE, D. Flower-size heritability and floral heat-shock tolerance in diploid roses. **HortScience**, v. 52, n. 5, p. 682-685, 2017.

LOGES, V. et al. Plantas utilizadas no paisagismo no litoral do Nordeste. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Petrolina, v. 19, n.1, p. 25-32, 2013.

LOGES, V. et al. Colheita, pós-colheita e embalagem de flores tropicais em Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 699-702, 2005.

LORENZI, H; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 1088p.

LUDWIG, F. et al. Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gerbera de vaso. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 184-189, 2014.

MARQUARDT, M. et al. Evaluation of the importance of ornamental plants for pollinators in urban and suburban areas in Stuttgart, Germany. **Urban Ecosystems**, p. 1-15, 2021.

MAUSETH, J.D. **Botany – an introduction to plant biology**. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1995. 794 p.

MIRANDA, E. Para não dizer que não falei das flores – Boletim Ibraflor (2022) Disponível em : <<https://folhadomeio.com.br/2022/05/flores-nossa-de-cada-dia-para-nao-dizer-que-nao-falei-das-flores/>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL (MMA). 1998. Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, 1998.

NASS, L. L. et al. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.

NAGRALE, DIPAK T.; GAIKWAD, ANIL P.; GOSWAMI, SANJAY. Varietal screening of *Gerbera jamesonii* for resistance to *Alternaria blight*. Indian **Phytopathology**, v. 66, n. 2, p. 199-203, 2013.

NAKAMURA, N. et al. Flower color modification in *Rosa x hybrida* by expressing the S-adenosylmethionine: anthocyanin 3',5'- O-methyltransferase gene from *Torenia hybrida*. **Plant Biotechnology**. v. 32, p. 109–117, 2015.

NEVES, M. F; PINTO, M. J. A. **Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil**. São Paulo: OCESP, 2015.

NGUYEN, T. L. et al. Electron-beam irradiation as a quarantine treatment against red mite on exported cut flower of *Chrysanthemum*. **Nuclear Science and Technology**, v. 6, n. 2, p. 47-51, 2016.

NISHIHARA, M. et al. Application of the CRISPR/Cas9 system for modification of flower color in *Torenia fournieri*. **BMC Plant Biology**, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2018.

NODA, N. et al. Genetic engineering of novel bluer-colored chrysanthemums produced by accumulation of delphinidin-based anthocyanins. **Plant and Cell Physiology**, v. 54, n. 10, p. 1684-1695, 2013.

PETRY, C.; FREITAS, B. A situação da floricultura. In: PETRY, C. (org.). **Plantas ornamentais – Aspectos para a produção**. 2. ed. (2008), ver – ampl. - Porto Alegre: UPF editora, 2017., p. 11-24.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. A Introdução de Germoplasma: uma contribuição ao melhoramento dos citros. **Citrus Research & Technology**, v. 27, n. 2, p. 0-0, 2020.

PURVERS, W. K.; GADAVA, D.; ORIAN, G. H.; HELLER H. C. **Vida: a Ciência da Biologia**. 6 ed. vol. 3. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006.

RABOBANK. **World Floriculture Map** (2015). Disponível em: <[https://www.rabobank.com/en/images/World\\_Floriculture\\_Map\\_2015\\_vanRijswijk\\_Jan2015.pdf](https://www.rabobank.com/en/images/World_Floriculture_Map_2015_vanRijswijk_Jan2015.pdf)>. Acesso em: 13 junho de 2017.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; CURTIS, H. **Biologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985.

ROLLINGS, R; GOULSON, D, Quantificando a atratividade de flores de jardim para polinizadores. **Journal of Insect Conservation** , v. 23, n. 5-6, p 803-817, 2019.

ROYAL FLORAHOLLAND (2022). **World floriculture map shows key trends in global market, 2022**). Disponível em: < <https://www.royalfloraholland.com/en/news-2022/week-02/world-floriculture-map-toont-belangrijkste-trends-op-wereldmarkt>Acesso em: 01 de setembro. 2023.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Flores e plantas ornamentais do Brasil: Série estudos mercadológicos**. Brasília/DF, v.1, 2015.

SHALA, A.; DENG, Z. Investigation of morphological and anatomical changes in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don due to colchicine induced polyploidy. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 5, n. 3, p. 233-243, 2018.

SILVA, S. S. L. ; DOS SANTOS JÚNIOR, G. S; LOGES, V. Seleção de Plantas Trepadeiras e Subarbustivas para uso em telhados verdes. In: FACCIUTO G., SOTO S. **Ornamentales Nativas de Latinoamérica**, p. 83., 2021.

TANAKA, Y.; BRUGLIERA, F.; CHANDLER, S. Recent progress of flower colour modification by biotechnology. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 10, p. 5350-5369, 2009.

THAMMASIRI, K. Thai orchid genetic resources and their improvement. **Horticulturae**, v. 2, n. 3, p. 9, 2016.

STUMPF, E.; BARBIERI, R. Origem, evolução e história das rosas cultivadas. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 3, 2005.

UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS (2005), UPOV Report on the Impact of Plant Variety Protection, 2005. Disponível em:<[http://www.upov.int/export/sites/upov/about/en/pdf/353\\_upov\\_report.pdf](http://www.upov.int/export/sites/upov/about/en/pdf/353_upov_report.pdf)>. Acesso em 26 de outubro de 2023.

VALOIS, A. C. C. et al. Melhoramento de espécies de propagação vegetativa. In: NASS, L. L. et al. **Recursos genéticos & melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. p. 284-291. 2001.

VIDAL, W. N. VIDAL, M. R. R. **Botânica – Organografia: Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4 ed. rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013. 124p.

WATANABE, K. et al. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the dihydroflavonol-4-reductase-B (DFR-B) locus in the Japanese morning glory *Ipomoea* (Pharbitis) nil. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 10028, 2017.

WILSON, A.; KENDAL, D.; MOORE, J. L. Humans and ornamental plants: a mutualism?. **Ecopsychology**, v. 8, n. 4, p. 257-263, 2016.

WORLD FLORICULTURE MAP. 2021. **A Mixed Bouquet of Developments in Floriculture**. Rabobank Nederlands, v. 1, 2022. Disponível em: <[https://research.rabobank.com/far/en/documents/179560\\_Rabobank\\_A-Mixed-Bouquet-of-Developments-World-Floriculture-Map-2021\\_vanHoren\\_January2022.pdf](https://research.rabobank.com/far/en/documents/179560_Rabobank_A-Mixed-Bouquet-of-Developments-World-Floriculture-Map-2021_vanHoren_January2022.pdf)>. Acesso em: 04 de março de 2021.

XU, J. et al. Enhancement of the flower longevity of petunia by CRISPR/Cas9-mediated targeted editing of ethylene biosynthesis genes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 174, p. 111460, 2021.

ZLESKAK, D. C. **Rose: *Rosa x hybrida***. In: Flower breeding and genetics: issues, challenges, and opportunities for the 21st century. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p. 695-740.

### 3 DISSIMILARIDADE GENÉTICA E CRUZAMENTOS BIPARENTAIS ENTRE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

#### Resumo

As pimenteiras do gênero *Capsicum* apresentam elevada diversidade genética, especialmente em relação aos frutos com ampla variabilidade em termos de cor, tamanho e formatos. A diversidade de caracteres morfológicos associada à pequena quantidade de pimenteiras disponíveis no mercado, têm estimulado programas de melhoramento a realizar a caracterização, seleção e obtenção de pimenteiras para fins ornamentais. Em vista disso, o presente estudo teve como objetivo verificar a dissimilaridade entre acessos de pimenta com potencial ornamental, procedentes da Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí (BGC-UFPI), e realizar cruzamentos biparentais para a obtenção de híbridos. Os experimentos foram conduzidos em telado, localizado no Departamento de Fitotecnia, da UFPI, onde os acessos foram delineados inteiramente ao acaso, com diferentes repetições em cada experimento ( $r = 10$  para os genitores e  $r = 20$  para os híbridos  $F_1$ ), com uma planta por parcela e foram caracterizados com base em 32 descritores, sendo 12 quantitativos e 20 qualitativos multicategóricos. Foram realizadas análises de variância, agrupamento das médias (Scott-Knott, a 5% de probabilidade) e plotado um dendrograma UPGMA. Os híbridos obtidos foram analisados a partir do cálculo de heterose e heterobeliose. Pela análise de variância, evidenciaram-se diferenças significativas entre os acessos de pimentas. O dendrograma UPGMA obtido a partir da análise combinada de descritores quantitativos e qualitativos (via distância de Gower) formou quatro grupos e sugere-se que os cruzamentos ocorram entre representantes de cada grupo. Pela caracterização morfoagronômica pode-se indicar BGC-UFPI 117, BGC-UFPI 199, BGC-UFPI 257 e BGC-UFPI 258 para obtenção de híbridos de frutos roxos escuros e pretos; BGC-UFPI 260 para frutos grandes e de cor amarela. BGC-UFPI 236 é promissor para frutos pequenos e alta densidade foliar. BGC-UFPI 199 e BGC-UFPI 203 são recomendados para o caráter “diferentes cores durante a maturação”. Já BGC-UFPI 220 pode ser utilizado como genitor para obtenção de híbridos com frutos em cacho. Foram obtidos nove híbridos com heterose e heterobeliose para caracteres quantitativos importantes como: altura reduzida, numerosos frutos, dossel com boa cobertura de vaso, precocidade de floração e frutificação, além do aumento da persistência dos frutos que garante plantas produtivas por mais tempo. Os híbridos exibiram aspectos estéticos promissores e incomuns como: plantas com flores de cor lilás com bordas roxas e frutos pretos (H3 - BGC-UFPI 220 x BGC-UFPI 258); plantas compactas com densidade foliar elevada simulando mini arbustos (H2 - BGC-UFPI 207 x BGC-UFPI 203); frutos bicolors com tons de laranja e preto (H7 - BGC-UFPI 98 x BGC-UFPI 257), e frutos com diferentes cores durante a maturação, predominando lilás ou roxo claro brilhante (H8 - BGC-UFPI 199 x BGC-UFPI 207). Diante disso, os híbridos avançarão no programa de melhoramento genético, resultando em posterior proteção ou registro de novas cultivares.

**Palavras-chave:** *Capsicum*; Cores; Híbridos; Heterose; Melhoramento genético.

### 3 GENETIC DISSIMILARITY AND BIPARENTAL CROSSES AMONG ORNAMENTAL PEPPERS.

#### Abstract

The pepper plants of the *Capsicum* genus exhibit high genetic diversity, especially in terms of fruits with wide variability in color, size, and shape. The diversity of morphological traits associated with the limited availability of pepper plants in the market has stimulated pepper breeding programs to characterize, select, and obtain peppers for ornamental purposes. Therefore, this study aimed to verify the dissimilarity among pepper accessions with ornamental potential from the *Capsicum* Germplasm Bank of the Universidade Federal do Piauí (BGC-UFPI) and perform biparental crosses to obtain hybrids. The experiments were conducted in a greenhouse located at the Department of Plant Science of the Universidade Federal do Piauí, where the accessions were completely randomized with different replications in each experiment ( $r = 10$  for parents and  $r = 20$  for F1 hybrids), with one plant per plot. The accessions were characterized based on 32 descriptors, including 12 quantitative and 20 qualitative multicategorical traits. Analysis of variance, mean clustering (Scott-Knott at 5% probability), and a UPGMA dendrogram were performed. The hybrids obtained were analyzed based on heterosis and heterobeltiosis calculations. Significant differences among pepper accessions were evidenced by analysis of variance. The UPGMA dendrogram obtained from the combined analysis of quantitative and qualitative descriptors (using Gower's distance) formed four groups, suggesting that crosses should occur between representatives from each group. Based on morpho-agronomic characterization, BGC-UFPI 117, BGC-UFPI 199, BGC-UFPI 257, and BGC-UFPI 258 are indicated for obtaining hybrids with dark purple and black fruits; BGC-UFPI 260 for large yellow fruits; BGC-UFPI 236 for small fruits and high leaf density; BGC 199 and 203 for the trait "different colors during ripening"; and BGC-UFPI 220 as a parent for obtaining cluster-fruited hybrids. Nine hybrids with heterosis and heterobeltiosis were obtained for important quantitative traits such as reduced height, numerous fruits, canopy with good pot coverage, early flowering and fruiting, and increased fruit persistence, ensuring productive plants for a longer period. The hybrids exhibited promising and unusual aesthetic aspects, such as plants with lilac flowers with purple edges and black fruits (H3 - BGC-UFPI 220 × BGC-UFPI 258); compact plants with high leaf density resembling mini shrubs (H2 - BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 203); bicolored fruits with shades of orange and black (H7 - BGC-UFPI 98 × BGC-UFPI 257), and fruits with different colors during ripening, predominantly lilac or bright light purple (H8 - BGC-UFPI 199 × BGC-UFPI 207). Therefore, the hybrids will advance in the genetic breeding program, resulting in subsequent protection or registration of new cultivars.

**Keywords:** *Capsicum*; Colors; Hybrids; Heterosis; Ornamental Plant Breeding.

### 3.1 Introdução

O gênero *Capsicum* é representado por pimentas e pimentões, sendo o nome *Capsicum* de origem grega *kapto*, que significa ‘morder’, ‘picar’, e está associado ao ardor provocado pelo consumo de grande parte dos frutos deste gênero. As pimentas *Capsicum* estão inclusas na família Solanaceae, a mesma família botânica de importantes culturas agrícolas como a berinjela (*Solanum melongena*), tomate (*Solanum lycopersicum*), batatinha (*Solanum tuberosum*), o fumo (*Nicotiana tabacum*) e ornamentais populares como a petúnia (*Petunia x hybrida*), e menos comuns como o estramônio (*Datura stramonium*) e a trombeta-de-anjo (*Brugmansia suaveolens*).

As pimenteiras do gênero *Capsicum* apresentam ampla diversidade genética, especialmente em relação aos frutos com variabilidade em termos de cor, tamanho, formato, composição química e grau de pungência (PICKERSGILL, 1997; REIFSCHNEIDER, 2000; CISNEROS-PINEDA et al. 2007; CHUAH et al., 2008). A diversidade de caracteres morfológicos associada à pequena quantidade de pimenteiras disponíveis no mercado, têm estimulado programas de melhoramento a realizar a caracterização, seleção e obtenção de pimenteiras para fins ornamentais (RÊGO et al., 2012; STOMMEL; KOZLOV; GRIESBACH, 2018; COSTA et al., 2019).

Em teoria, qualquer espécie de pimenta pode ser utilizada como planta ornamental, porém, na prática, as espécies de menor porte são mais indicadas para o plantio em vasos, principalmente na decoração de ambientes internos (XAVIER et al., 2006). Deste modo, a capacidade das pimenteiras de serem cultivadas em vasos, como plantas perenes, é fator distintivo para a recomendação de uma pimenta ornamental. No paisagismo, as pimenteiras ornamentais podem apresentar porte maior, mas para a decoração de ambientes fechados, essas plantas envasadas teriam o crescimento radicular e aéreo afetado (WITT, 1999). Contudo, pimenteiras de maior porte podem ser cultivadas em jarros maiores ou em jardins (COSTA et al., 2019).

Outros aspectos estéticos importantes que qualificam as pimenteiras ornamentais são: a folhagem variegada, frutos eretos e com diferentes cores durante o processo de maturação, que contrastam harmoniosamente com a folhagem. Além disso, tais plantas devem ser de fácil cultivo e de grande durabilidade (CARVALHO et al., 2006, MOREIRA et al., 2006; NEITZKE et al., 2010). As cultivares ornamentais

apresentam uso polivalente, uma vez que além de adornar ambientes podem ter seus frutos destinados ao consumo *in natura* ou para uso em conservas (WITT, 1999; ARI et al., 2016).

Nas últimas duas décadas, o interesse por pimenteiras ornamentais aumentou em todo o mundo, e pimentas se tornaram tendência no mercado floricultor (STOMMEL; BOSLAND, 2005; SILVA et al., 2015; RÊGO.; RÊGO, 2018), entretanto, ainda existem poucas variedades comerciais destinadas a esse propósito no Brasil (VASCONCELOS et al., 2012; COSTA et al., 2020), sendo, portanto, relevante avaliar o potencial ornamental de acessos de pimenta presentes em bancos de germoplasma (NEITZKE et al., 2010; MELO et al., 2014; COSTA et al., 2019; SILVA et al., 2020) e incluir genótipos promissores em programas de melhoramento genético (SILVA et al., 2017; STOMMEL; KOZLOV; GRIESBACH, 2018; RÊGO et al., 2022).

Na região Nordeste do Brasil, os vasos de pimenteiras ornamentais podem ser encontrados em feiras, supermercados e floriculturas, com preço médio de 12 reais, mas os valores podem variar de 7 a 27 reais (COSTA et al., 2019).

No Brasil são comercializadas pela Isla Sementes, as pimentas, Espagueteinho, Pirâmide, Etna e Stromboli. Pela Feltrin Sementes, as pimentas, Mayara ornamental, Floribela e pimentão *Gracepurple*. Pela *Top Seed Agristar* são comercializadas as pimentas 'redonda ornamental' e 'picante ornamental' e pela *Sakata Seeds*, a pimenta ornamental *Treasures Red*. Variedades estrangeiras também podem ser encontradas em lojas virtuais de sementes e mais raramente em floriculturas tais como: *Prairie Fire; Explosive Ember; Sangria; Calypso; Acapulco; Karneval; Medusa, Numex Centennial; Garda Tricolore; Black Pearl; Black Olive, Purple Flash* e o pimentão *Cajun Belle*.

Nos Estados Unidos, pelo menos duas novas variedades foram lançadas, por ano, nas últimas décadas (USDA, 2020). Muitas variedades estão disponíveis para consulta no site do Departamento de Agricultura dos Estado Unidos, lançadas, especialmente, pelo Serviço de Pesquisa Agrícola, sendo uma das mais recentes, a pimenta *Christmas Lights*.

As coleções de germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Clima Temperado, Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) têm se destacado em estudos de pré-melhoramento e melhoramento, visando fins ornamentais, no entanto, as pimenteiras ornamentais disponíveis no mercado brasileiro ainda são de floriculturas e empresas

de produção de sementes, o que justifica a importância de novos estudos de caracterização, seleção e melhoramento genético de pimentas ornamentais.

Em vista disso, o presente estudo teve como objetivo verificar a dissimilaridade entre acessos de pimenta com potencial ornamental, procedentes do Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí (BGC-UFPI), e realizar cruzamentos biparentais para a obtenção de híbridos e linhagens superiores de pimenteiras ornamentais.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Procedimentos experimentais durante o avanço de geração**

Os experimentos foram conduzidos em telado (sombrite 50%), localizado no Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, no município de Teresina - PI, localizado a 72,7m de altitude, 05°05'05" de latitude S e 42°05' de longitude W, no período de maio a novembro dos anos de 2021 (caracterização dos genitores e dissimilaridade genética) e, 2022 (caracterização de genitores e geração F<sub>1</sub>) .

Os genótipos dos genitores e da geração F<sub>1</sub> foram semeados em bandejas de polietileno, com 128 células, contendo o substrato comercial Maxxi Terra Nova®. As mudas com seis a oito folhas definitivas foram transplantadas para vasos de polietileno flexível (Tipo Holambra NP 14) contendo substrato comercial Campo Verde®, terra vegetal e húmus (1:1:1).

A adubação foi feita com 0,19 g de sulfato de amônia, 1,6 g de superfosfato simples e 0,23 g de cloreto de potássio em cada vaso de 1 L, conforme recomendação de Alcântara e Ribeiro (2008). Para a correção do potencial hidrogeniônico do solo, adicionou-se 1 g de calcário nos vasos, a 5 cm de profundidade. Além disso, foi aplicado, semanalmente, o fertilizante organomineral foliar Amino AgRoss®, na dosagem de 1 mL/1 L de água, conforme recomendações do rótulo do produto.

O controle de pragas foi realizado com aplicação do bionemático Furatrop®, dez dias após o transplante das mudas; Karate Zeon® no combate a infestação de lagartas, Agritoato® e Connect®, e para o controle do pulgão-preto (*Toxoptera citricida*).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com diferentes repetições em cada experimento (10 repetições de cada genótipo dos genitores, 20 repetições para os híbridos F<sub>1</sub>), com uma planta por parcela.

A caracterização morfológica dos acessos foi baseada nos descritores utilizados por Costa et al. (2019) para pimenteiras ornamentais que estão em conformidade com o *Internacional Plant Genetic Resources Institute* para o gênero *Capsicum* (IPGRI, 1995).

Foram avaliados 32 descritores (Anexo 1) sendo 12 quantitativos e 20 qualitativos multicategóricos. Os descritores quantitativos avaliados foram: número de dias para o florescimento (NDF); número de dias para a maturação (NDM); altura da planta (ADP); comprimento do pedicelo (CDP); número de frutos por plantas (NFP); persistência dos frutos (PSF); comprimento do fruto (CDF); largura do fruto (LDF); peso do fruto (PDF); número de sementes por fruto (NSF); comprimento da folha (CDFol) e largura do dossel vegetal (LDV).

Já os descritores qualitativos multicategóricos avaliados foram: número de flores por axila (NFA); porte da planta (PDP); formato da folha (FFol); cor da folha (CFol); pubescência da folha (PBF); densidade de folhas (DF); antocianina nodal (ANT); posição da flor (PFlor); cor da corola (CC); cor da antera (CA); posição do fruto (PFr); cor do fruto no estado intermediário (CFEI); cor do fruto maduro (CFM); formato do fruto (FFr); forma do ápice do fruto (FAFr); textura da epiderme do fruto (TEF); firmeza e sustentação da haste (FSH); cor do caule (CDC), formato da haste ou caule (FHC) e cobertura de vaso (CDV).

### 3.2.2 Divergência genética entre pimentas com potencial ornamental

Foram utilizados 13 acessos com potencial ornamental (Tabela 3.1 e Figuras 3.1 e 3.2) do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí (BGC-UFPI), provenientes da Região Nordeste do Brasil, para a verificação da dissimilaridade visando nortear cruzamentos com a obtenção de híbridos promissores.

**Tabela 3.1** - Identificação dos acessos de pimenteiros com potencial ornamental, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BGC-UFPI), caracterizados em Teresina, PI, Brasil, 2021

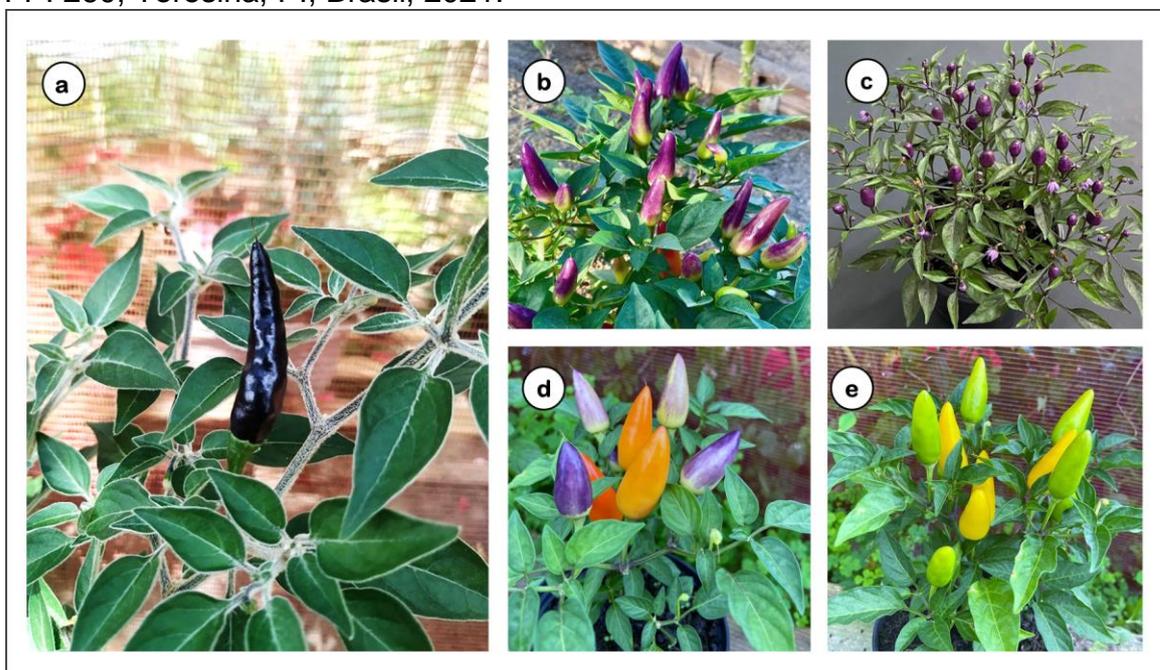
Acesso	Nome comum	Estado
BGC-UFPI 117	Malagueta preta	Pernambuco
BGC-UFPI 98	Ornamental laranja	Piauí
BGC-UFPI 100	Ornamental vermelha	Piauí
BGC-UFPI 199	Ornamental roxa	Ceará
BGC-UFPI 203	Pimenta-de-mesa	Paraíba
BGC-UFPI 207	Ornamental amarela	Ceará
BGC-UFPI 224	Ornamental vermelha	Maranhão
BGC-UFPI 220	Pimenta vermelha	Paraíba
BGC-UFPI 236	Pimenta-de-mesa	Piauí
BGC-UFPI 257	Pimenta roxa comprida	Ceará
BGC-UFPI 258	Pimenta roxinha	Ceará
BGC-UFPI 259	Pimenta laranja	Ceará
BGC-UFPI 260	Ornamental amarela	Ceará

**Figura 3.1** - Acessos de pimenta (*C. annuum* L.) com potencial ornamental do Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí (BCG-UFPI). (a) BGC-UFPI 236; (b) BGC-UFPI 98; (c) BGC-UFPI 100; (d) BGC-UFPI 224; (e) BGC-UFPI 220; (f) BGC-UFPI 203; (g) BGC-UFPI 207 e (h) BGC-UFPI 199, Teresina, PI, Brasil, 2019.



Fonte: Adaptado de Costa et al. (2019).

**Figura 3.2** - Acessos de pimenta do gênero *Capsicum* com potencial ornamental do Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí (BCG-UFPI). (a) BGC-UFPI 117; (b) BGC-UFPI 257; (c) BGC-UFPI 258; (d) BAGC 259 e (e) BGC-UFPI 260, Teresina, PI, Brasil, 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os dados dos descritores quantitativos foram submetidos à análise de variância univariada, seguida do agrupamento das médias por meio do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (SCOTT; KNOTT, 1974). Já os dados dos descritores qualitativos multicategóricos foram avaliados a partir da moda observada, mas características decorativas amodais, bimodais também foram descritas.

Pela combinação dos conjuntos de caracteres (quantitativos e qualitativos), adotou-se a distância generalizada de Gower (1971) como medida de dissimilaridade, sendo os acessos agrupados pelo método hierárquico de ligação média entre grupos (UPGMA). Todas as análises para a verificação da divergência genética entre os acessos de pimenta ornamental foram realizadas com o auxílio do software R (R Development Core Team, 2018) e do programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

### 3.2.3 Obtenção da geração F<sub>1</sub> de pimenteiras ornamentais do gênero *Capsicum*

O processo de polinização artificial em pimenteiras ornamentais para a obtenção de híbridos F<sub>1</sub> foi conduzido em estufa agrícola convencional (estrutura de madeira, ferro galvanizado e cobertura polietileno transparente de baixa densidade), situada no Sítio Jurema Norte, no município de Ibiapina, na Serra da Ibiapaba, Ceará, a 850 m de altitude, 03°56'07" de latitude S e 40°56'28" de longitude W, no período de maio a setembro de 2021.

As polinizações artificiais ocorreram entre as 9 e 11h da manhã, com temperaturas variando de 20 a 23° C. Os botões florais das plantas que foram utilizadas como genitores femininos foram emasculados antes da antese. No mesmo período, a polinização foi realizada com a coleta dos grãos de pólen do genitor masculino com auxílio de pincel de cerdas macias (Figura 3.3a e 3.3b).

Após a polinização, os botões florais foram cobertos com papel de seda preso com fios de náilon, seguida da identificação por meio de etiquetas de papel, com as informações sobre os genitores envolvidos no cruzamento e a data da polinização artificial. Cada cruzamento foi protegido por 72 a 96h, para evitar contaminação com pólen externo, após isso a proteção era descartada para o desenvolvimento natural do fruto contendo as sementes híbridas (Figura 3.3c – 3.3f).

As sementes híbridas obtidas foram semeadas e cultivadas conforme os procedimentos descritos no tópico 3.2.1. As plantas híbridas foram igualmente caracterizadas junto com seus respectivos genitores para a realização dos cálculos de heterose e heterobeltiose. Em que:

Heterose tradicional (h) - é a diferença no valor de F<sub>1</sub> menos a média dos parentais:

$$h (\%) = \frac{F_1 - \frac{(P_1 + P_2)}{2}}{\frac{(P_1 + P_2)}{2}} \times 100$$

Heterobeltiose (Hb) - é a heterose estimada em relação ao melhor parental (MP):

$$Hb (\%) = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100$$

**Figura 3.3** – Polinização artificial em pimenteiras do gênero *Capsicum*, Ibiapina-CE, no período de maio a setembro de 2021. (a) Obtenção do grão de pólen do genitor masculino; (b) Remoção das pétalas e emasculação de flor do genitor feminino; (c) flor do genitor feminino completamente emasculada; (d) polinização da flor feminina com pincel de cerdas macias; (e) Proteção e identificação do cruzamento realizado e (f) Desenvolvimento e obtenção dos frutos contendo sementes híbridas F<sub>1</sub>.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Dissimilaridade entre acessos de pimenta com potencial ornamental

Pela análise de variância, evidenciaram-se diferenças significativas entre os acessos de pimentas para todos os descritores quantitativos, o que indica presença de variabilidade entre os mesmos (Tabelas 3.2 e 3.3). Os coeficientes de variação experimental (CV) variaram de 4,1% (PSF) a 22,8% (NFP) (Tabela 3.2), sendo, portanto, satisfatórios, revelando boa precisão experimental, somando ao fato da ocorrência de diferenças altamente significativas detectadas entre os acessos.

**Tabela 3.2** - Estimativas dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (CV) obtidos na análise de variância de seis descritores quantitativos de pimentas ornamentais, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BAGC - UFPI), Teresina, PI, 2021

F.V	G.L	QM					
		NDF	NDM	ADP	CDP	NFP	PSF
Genótipos	12	317,81*	224,5*	983,2*	4,69*	3433,8*	604,7*
Resíduo	117	18,7	27,4	6,39	0,07	173,3	12,3
Total	129						
CV (%)		6,6	5,1	12,7	9,7	22,8	4,1

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – valores não significativos;

F.V – Fontes de Variação; G.L – Graus de liberdade; NDF - número de dias para o florescimento; NDM - número de dias para a maturação; ADP - altura da planta; CDP - comprimento do pedicelo; NFP - número de frutos por planta; PSF - persistência dos frutos.

Em trabalhos realizados com pimenta ornamental, Costa (2018) com acessos do BGC-UFPI verificou o CV de 31,4% para NFP; Sousa (2021) obteve 31,1%, enquanto que Conceição (2022) apontou CV de 22,5%. Oliveira (2023) verificou coeficiente de variação de 25% para o número de fruto por planta e Ferraz (2022), CV de 33,1% para número de frutos por vaso.

**Tabela 3.3** - Estimativas dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (CV) obtidos na análise de variância de seis descritores quantitativos de pimenteiros ornamentais, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BAGC - UFPI), Teresina, PI, 2021

F.V	G.L	QM					
		CDF	LDF	PDF	CDFol	LDFol	LDV
Genótipos	12	7,62*	2,81*	10,27*	7,62*	2,18*	256,6*
Resíduo	117	0,09	0,03	0,13	0,33	0,08	7,66
Total	129						
CV (%)		12,3	13,5	18,5	12,3	12,9	13,7

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – valores não significativos;

F.V – Fontes de Variação; G.L – Graus de liberdade; CDF - comprimento do fruto; LDF - largura do fruto; PDF - peso do fruto; CDFol - comprimento da folha; LDFol - largura da folha; LDV - largura do dossel vegetal.

Assim, o CV de 22,8% para NDF, somando aos valores obtidos nos cinco estudos supramencionados, permite indicar uma média aritmética para o CV de NFP de aproximadamente 27,7%. Esse valor poderá nortear a precisão experimental de novos estudos com pimentas *Capsicum*, especialmente em relação ao descritor número de frutos.

De acordo com os resultados obtidos pelo teste de agrupamento de médias de Scott & Knott (Tabela 3.4), para os descritores quantitativos, os genótipos foram diferenciados em quatro grupos para o descritor número de dias para o florescimento (NDF), em que o grupo de acessos mais tardios ultrapassou 70 dias para a floração, sendo eles: BGC-UFPI 100 (71 dias), BGC-UFPI 117 (72 dias), BGC-UFPI 220 (73 dias) e BGC-UFPI 203 (74 dias). Os demais acessos foram precoces para a floração, especialmente BCG 98 com média de 55 dias para o florescimento. Precocidade é um caráter buscado nas espécies domesticadas de uma forma geral e também em ornamentais, pois agrega valor ao produto e rápida disponibilização ao mercado.

**Tabela 3.4** - Médias\* de 12 descritores quantitativos referentes acessos de pimenteiras com potencial ornamental, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BGC - UFPI), caracterizados em Teresina, PI, Brasil, 2021

<b>Acessos</b>	<b>NDF</b> (dias)	<b>NDM</b> (dias)	<b>ADP</b> (cm)	<b>CDP</b> (cm)	<b>NFP</b> (unid)	<b>PSF</b> (dias)	<b>CDF</b> (cm)	<b>LDF</b> (cm)	<b>PDF</b> (g)	<b>CDFol</b> (cm)	<b>LDFol</b> (cm)	<b>LDV</b> (cm)
<b>BGC-UFPI</b> <b>117</b>	72a	115a	50,3a	2,8d	52b	62d	3,2b	0,3g	1,2d	5,75a	2,7a	35,6a
<b>BGC-UFPI</b> <b>98</b>	55d	97c	16d	3,1c	13e	89a	2,9b	2a	2,7b	5,1b	2,1c	19,6c
<b>BGC-UFPI</b> <b>100</b>	71a	106b	15,3d	2,3e	14e	85b	2,3d	1,6b	2,7b	4,9b	1,9d	18d
<b>BGC-UFPI</b> <b>199</b>	62b	102c	18c	3c	27c	92a	1,6e	1,1d	1,4d	4,3c	1,7d	19,4c
<b>BGC-UFPI</b> <b>203</b>	74a	101c	14,3d	1,57g	12e	86b	1,7e	1,5c	1,6c	4,8b	2,3b	18d
<b>BGC-UFPI</b> <b>207</b>	63b	104b	18,5c	3,4b	21d	84b	2,5c	0,8e	1,6c	4,1c	2,2c	17,5d
<b>BGC-UFPI</b> <b>220</b>	73a	111a	28,4b	3,8a	15e	79c	2,2d	0,8e	1,6c	5,8a	2,7a	20,7c
<b>BGC-UFPI</b> <b>224</b>	61b	104b	15,5d	2,9d	15e	90a	2,3d	1,6b	3,3a	4,41c	1,8d	15,6d
<b>BGC-UFPI</b> <b>236</b>	59c	100c	16d	2,2e	57b	90a	0,9f	0,6f	0,4e	2,55d	1,2e	18,3d
<b>BGC-UFPI</b> <b>257</b>	66b	106b	14,8d	1,88f	19e	88a	2,7c	1,4c	1,5d	4,55c	1,8d	16d
<b>BGC-UFPI</b> <b>258</b>	64b	104b	18c	1,66g	65a	90a	1,6e	0,8e	0,4e	4,3c	1,9d	20,6c
<b>BGC-UFPI</b> <b>259</b>	65b	105b	13,3d	2,9d	16e	84b	3b	1,7b	2,8b	5,8a	2,8a	19,8c
<b>BGC-UFPI</b> <b>260</b>	64b	102c	20,2c	3,1c	16e	88a	4,4a	1,9a	3,5a	4,6c	2,7a	23,2b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo agrupamento de Scott-Knott.

Descritores: NDF - número de dias para o florescimento; NDM - número de dias para a maturação; ADP - altura da planta; CDP - comprimento do pedicelo; NFP - número de frutos por planta; PSF - persistência dos frutos; CDF - comprimento do fruto; LDF - largura do fruto; PDF - peso do fruto; CDFol - comprimento da folha; LDFol - largura da folha e LDV - largura do dossel vegetal.

Para o número de dias para a maturação (NDM), os acessos se distribuíram em três grupos e a variação foi de 97 dias (BGC-UFPI 98) a 115 dias (BCG-UFPI 117). A Isla Sementes (2018) recomenda 100 dias de ciclo para ornamentais, e Feltrin (2018) NDM de 150 dias para as não ornamentais.

Os acessos aqui avaliados exibem maturações de seus frutos próximas aos 100 dias após o plantio, e que segundo Rêgo et al. (2012), a precocidade em pimenteiras é um critério essencial na produção e melhoramento de pimentas ornamentais.

Em relação à altura da planta (ADP) foram formados quatro grupos. O acesso BGC-UFPI 117 que foi incluso nesse estudo por apresentar frutos ornamentais pretos, exibiu a maior média para altura (50,3 cm). Entre os acessos de pimenteiras que são ornamentais a variação ocorreu de 13,3 (BGC-UFPI 259) a 28,4 cm (BGC-UFPI 220).

Avaliação de altura de pimenteiras ornamentais é essencial para a seleção de genótipos visando melhoramento genético (RÊGO et al., 2012), uma vez que o pequeno porte de pimenteiras é uma exigência do comércio de ornamentais (NASCIMENTO et al., 2015).

A Cooperativa Veiling Holambra (2018), que elabora critérios de qualidade para o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2023) recomenda que pimentas ornamentais comercializadas em vaso de tamanhos 13, 14 e 15 tenham altura de planta de 12 a 38,5 cm. Critério esse que exclui apenas o acesso BGC-UFPI 117.

Os acessos de maior porte como BGC-UFPI 220 (28,4 cm) e BGC-UFPI 117 (50,3 cm) podem ser cultivados em vasos maiores ou em jardins (COSTA et al., 2019). Neitzke et al., (2010) recomendam pimentas de maior porte para jardins funcionais, como os jardins de temperos.

No que diz respeito ao comprimento do pedicelo (CDP), houve grande variabilidade, ocorrendo a formação de sete grupos, em que os acessos tiveram pedicelos com média variando de 1,57 (BGC-UFPI 203) a 3,8 cm (BGC-UFPI 220).

Costa et al., (2019) indicam que a mensuração do comprimento do pedicelo de pimentas é um atributo essencial para a avaliação de pimenteiras para fins ornamentais, pois maiores comprimentos de pedicelo implicam em um maior destaque das pimentas em relação as folhagens.

Para o número de frutos por planta (NFP) foram formados cinco grupos. As médias de NFP variaram de 12 frutos (BGC-UFPI 203) a 65 frutos (BGC-UFPI 258). Já para o descritor persistência dos frutos (PSF) foram quatro grupos formados, em que a menor média de persistência dos frutos (62 dias) foi para o acesso BGC-UFPI 117. Os demais acessos expressaram elevada persistência, com médias variando de 79 dias (BGC-UFPI 220) a 92 dias (BGC-UFPI 199).

A Veiling Holambra (2018) recomenda o mínimo de 10 frutos para pimenteiras ornamentais. Para as variedades *Karneval* e *Calypso* cultivadas em pote 11, o número mínimo de frutos do vaso pode ser de seis. Já variedades de frutos maiores podem ser comercializadas com um número menor de frutos no vaso, como ocorre com a variedade *Calypso*. Essa cooperativa ainda recomenda que os frutos apresentem boa persistência em vaso, mas não define o número de dias de persistência.

Diante disso, todos os genótipos apresentaram critérios de qualidade Veiling Holambra (2023) para número de frutos por plantas (acima de 10 frutos) e persistência de frutos adequada para a comercialização como planta ornamental.

A persistência dos frutos é avaliada após o início da maturação e vai até o início da senescência, isso revela o potencial do genótipo em relação a exposição vívida de seus frutos e confere qualidade ornamental, conseqüentemente, garante ao produtor um maior tempo com uma planta produtiva e com aspectos estéticos adequados para a comercialização.

O descritor comprimento do fruto (CDF) dividiu os acessos em seis grupos em relação às médias, e a variação foi 0,9 cm (BGC-UFPI 236) a 4,4 cm (BGC-UFPI 260). Já para a largura do fruto (LDF) foram formados sete grupos, em que os frutos mais estreitos foram do acesso BGC-UFPI 117 (0,3 cm) e os mais largos dos acessos BGC-UFPI 260 e 98 (1,9 e 2 cm, respectivamente).

Foram formados cinco grupos para o peso do fruto (PDF), sendo que os acessos BGC-UFPI 224 e BGC-UFPI 260 se diferenciaram por exibirem frutos mais pesados (3,3 e 3,5 g, respectivamente), enquanto que e os acessos BGC-UFPI 236 e BGC-UFPI 258 apresentaram os frutos mais leves (0,4 g).

Para o comprimento da folha (CDFol), os acessos foram separados em quatro grupos, com médias variando de 2,55 cm (BGC-UFPI 236) a 5,8 cm (BGC-UFPI 259). Para a largura da folha (LDFol), os acessos foram distribuídos em cinco grupos, e as médias foram de 1,2 cm (BGC-UFPI 236) a 2,8 (BGC-UFPI 259). Para a largura do dossel vegetal (LDV), quatro grupos foram formados, nos quais, BGC-UFPI 117 exibiu maior largura de dossel, entretanto, com pouca densidade foliar. Porém, as demais pimenteiras, com melhores aspectos ornamentais, a variação foi de 15,6 cm (BGC-UFPI 224) até 23,2 cm (BGC-UFPI 260) para a copa das plantas.

Veilling Holambra (2018) não sugere tamanho específico para folhas, mas adverte que pimenteiros ornamentais devem apresentar boa cobertura de vaso. Os acessos, exceto BGC-UFPI 117, possuem excelente cobertura de vaso (CDFol, LDFol e LDV), critério essencial segundo o IBRAFLOR (2018).

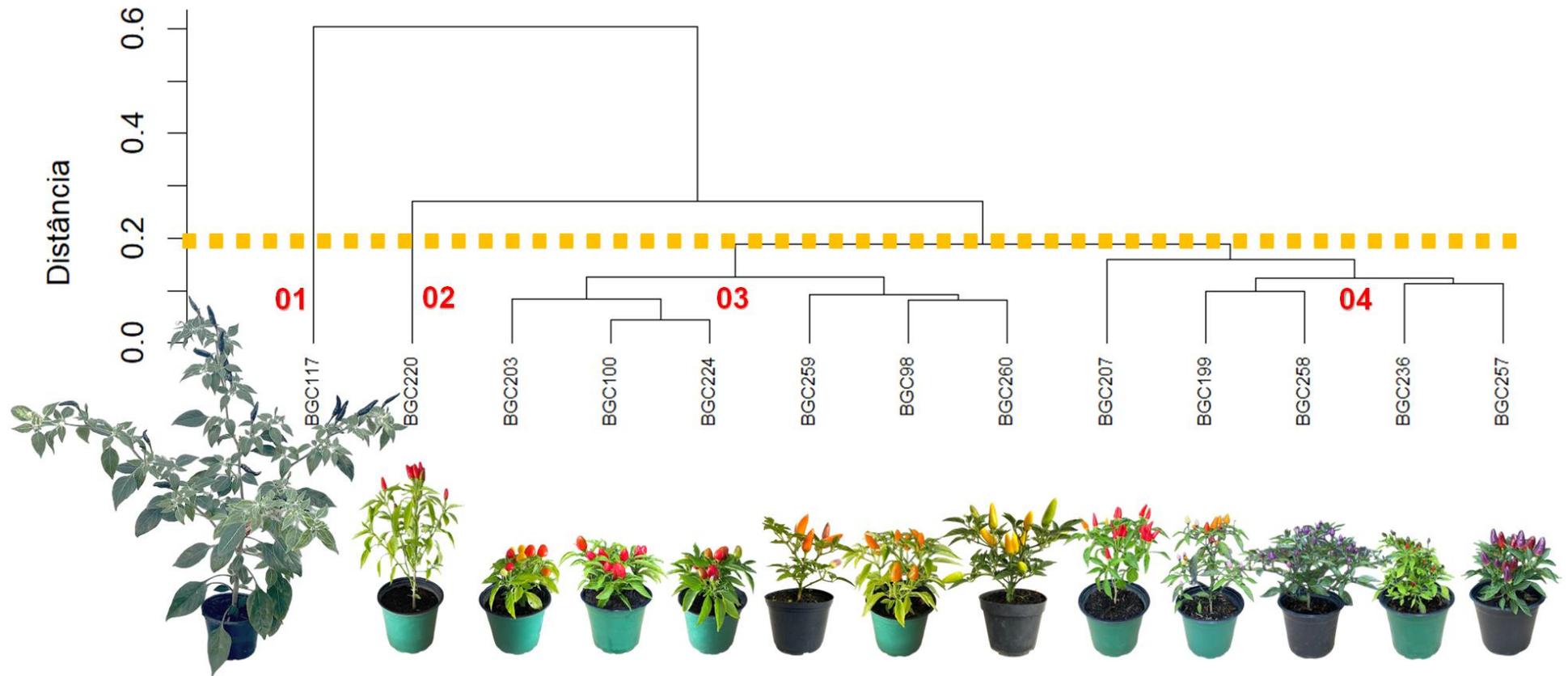
O peso do fruto, o comprimento e a largura de frutos e folhas são descritores úteis para a verificação da variabilidade entre acessos de pimenta ornamental, no entanto, tais descritores são menos importantes quando comparados ao formato e número de frutos por plantas. Neitzke et al. (2016), em estudo da percepção do consumidor a respeito de pimentas ornamentais, verificaram que apenas 6% dos consumidores consideraram de maior relevância o tamanho do fruto da pimenta. Esses autores relataram que o público consumidor considera de maior relevância aspectos qualitativos como a cor do fruto e folhagem e o aspecto geral da planta.

Assim, em estudos de divergência genética os descritores ou caracteres quantitativos são importantes, no entanto, para avaliação de pimentas ornamentais, estes descritores devem ser combinados com qualitativos, principalmente com os que conferem qualidade estética e apelo ao público consumidor, tais como: a coloração e densidade da folhagem e o formato, posição e cor dos frutos.

O agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, utilizando a distância de Gower, a partir da combinação de variáveis quantitativas e qualitativas formou quatro grupos, considerando-se o corte a 20% de distância genética e com coeficiente de correlação cofenética (CCC) de 0,98 (Figura 3.4).

Valores elevados para CCC ( $> 0,7$ ) indicam que houve adequação do método de agrupamento para resumir a informação do conjunto de dados, ou seja, o agrupamento UPGMA foi eficiente na representação a matriz de dissimilaridade e apresentou forte correlação com esta (ROHLF, 1970).

**Figura 3.4 -** Dendrograma obtido a partir da análise combinada de descritores quantitativos e qualitativos em 13 acessos de *Capsicum*, por meio da distância generalizada de Gower e do método de agrupamento UPGMA. Corte a 20% formando quatro grupos e coeficiente de correlação cofenética ( $r$ ) = 0,98



O grupo 01 isolou o acesso BGC-UFPI 117, “malagueta preta”, com frutos eretos e de cor preta ao marrom quando imaturos e, ao passo que avançam no desenvolvimento mesclam a pigmentação escura com a coloração verde. Os frutos exibiram a cor vermelha escura no estágio final de maturação e textura da epiderme do tipo semirrugosa. Possui caule do tipo angular, porte ereto, com densidade foliar esparsa, gerando um aspecto de baixa cobertura de vaso. Folhas predominantemente de formato oval, com pubescência densa e de cor verde clara. Se diferenciou por apresentar posição de flor intermediária, cor da corola amarela esverdeada e anteras azuis.

Segundo Vittis Agricola (2023), as malaguetas pretas ou *Black Cobra* amadurecem de verde para preto e são colhidas frequentemente nesta fase, quando são menos picantes. A malagueta *Black Cobra* é a única entre a ampla variedade de pimentas *C. annuum* que têm as folhas e hastes pubescentes. Porém, BGC-UFPI 117, exibiu flores com cor amarela esverdeada que é típica de *C. frutescens*, podendo indicar hibridação natural anterior. Almeida et al., (2022) identificaram esse acesso como *C. frutescens* ao caracterizar a diversidade morfológica de acessos de pimenta do Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí.

O grupo 02 separou o acesso BGC-UFPI 220 por apresentar flores e frutos em cachos. Possuindo porte ereto, caule cilíndrico, de cor verde e com antocianina nodal roxa-clara. Exibiu boa firmeza e sustentação de suas hastes (sem necessidade de tutoramento), densidade foliar intermediária, folhas verdes e lanceoladas. As flores se caracterizaram ainda por serem brancas e com anteras de cor azul-pálido. Os frutos possuem ápice pontiagudo e textura semirrugosa, são eretos, alongados e variam de verde ao vermelho-escuro durante a maturação. Cachos são características notáveis em plantas ornamentais (LORENZI; SOUZA, 2008), e em pimentas ornamentais, as inflorescências e infrutescências são caracteres promissores para o mercado floricultor (COSTA et al., 2019).

BGC-UFPI 117 e 220 (Figura 3.5) exibiram as maiores médias para a altura da planta e médias elevadas para aspectos produtivos relacionados ao comprimento do fruto e ao número de frutos por planta, isso somado ao fato de terem caracteres incomuns como pubescência e frutos pretos (BGC-UFPI 117) e cachos de frutos vermelho-rosê ao vermelho escuro quando maduros (BGC-UFPI 220), tornando vantajoso que esses sejam inclusos em programas de melhoramento de *Capsicum*.

O grupo 03, constituído pelos acessos BGC-UFPI 98, 100, 203, 224, 259 e 260, se caracterizou por exibirem frutos que variam do verde ao vermelho (BGC-UFPI 100 e 224) ou do amarelo claro ao vermelho (BGC-UFPI 203) durante o processo de maturação. Também foram verificados frutos verdes imaturos que se tornaram amarelos (BGC-UFPI 260) ou de cor laranja (BGC-UFPI 98 e 259) quando totalmente maduros. Os frutos desse grupo são eretos, triangulares, pontiagudos e com epiderme lisa e brilhante. As flores também são eretas, brancas e com anteras de cor azul pálido. Possuem porte compacto, caules firmes, cilíndricos, verdes ou com estrias roxas (BGC-UFPI 259), possuem antocianina nodal roxa, folhagens com moderada (BGC-UFPI 259) a alta densidade. As folhas são lanceoladas de cor verde claro ao médio. Os descritores quantitativos que mais influenciaram na separação desses acessos foram os de largura e comprimento de folhas e frutos. Maiores médias para o peso do fruto e menores médias para o número de frutos por planta caracterizam bem os acessos desse grupo.

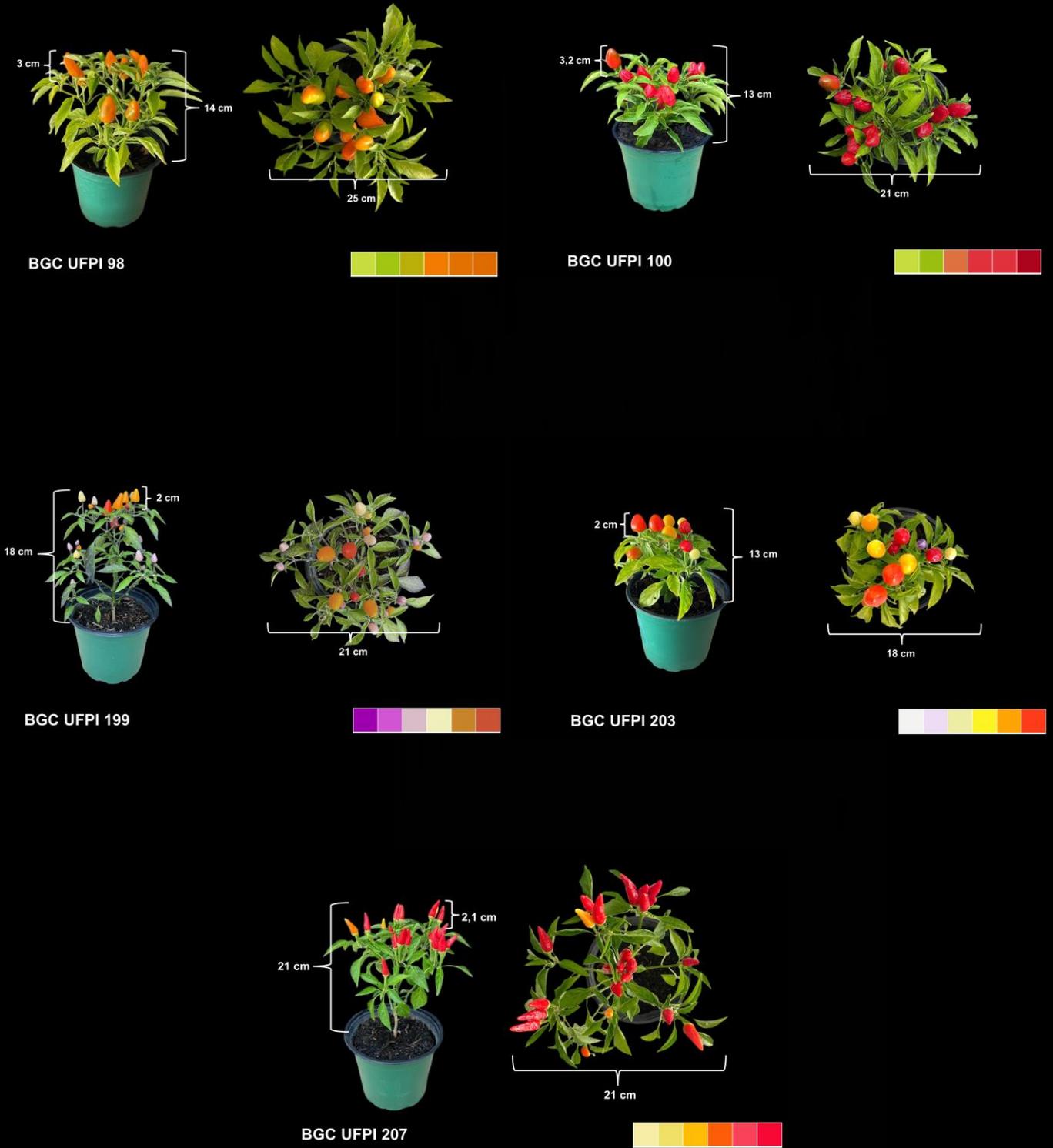
O grupo 04 reuniu os acessos BGC-UFPI 199, 207, 236, 257, 258 que apresentaram as menores médias para o comprimento, largura e peso dos frutos, no entanto, possuem médias elevadas para o número de frutos por planta (NFP). Em relação aos descritores qualitativos multicategóricos, esse grupo foi caracterizado pela variabilidade das inflorescências, com uma, duas ou mais flores por axila, inclusive flores em cachos (BGC-UFPI 119 e 207). As cores verificadas na corola foram: branca, roxa e, branca com margens roxas. Já as anteras exibem cores como azul, amarela e roxa (BGC-UFPI 258).

As pimenteiras do grupo 04 também se caracterizaram pelo porte compacto, caules variando do verde ao roxo; antocianina roxa (clara, média e escura), alta densidade foliar com folhas lanceoladas verdes ou variegadas com roxo (BGC-UFPI 199 e 258). Frutos triangulares, pontiagudos e com epiderme lisa. Diversas cores foram verificadas durante o processo de maturação dos frutos como amarelo claro, amarelo, laranja e diversos tons de vermelho e de roxo.

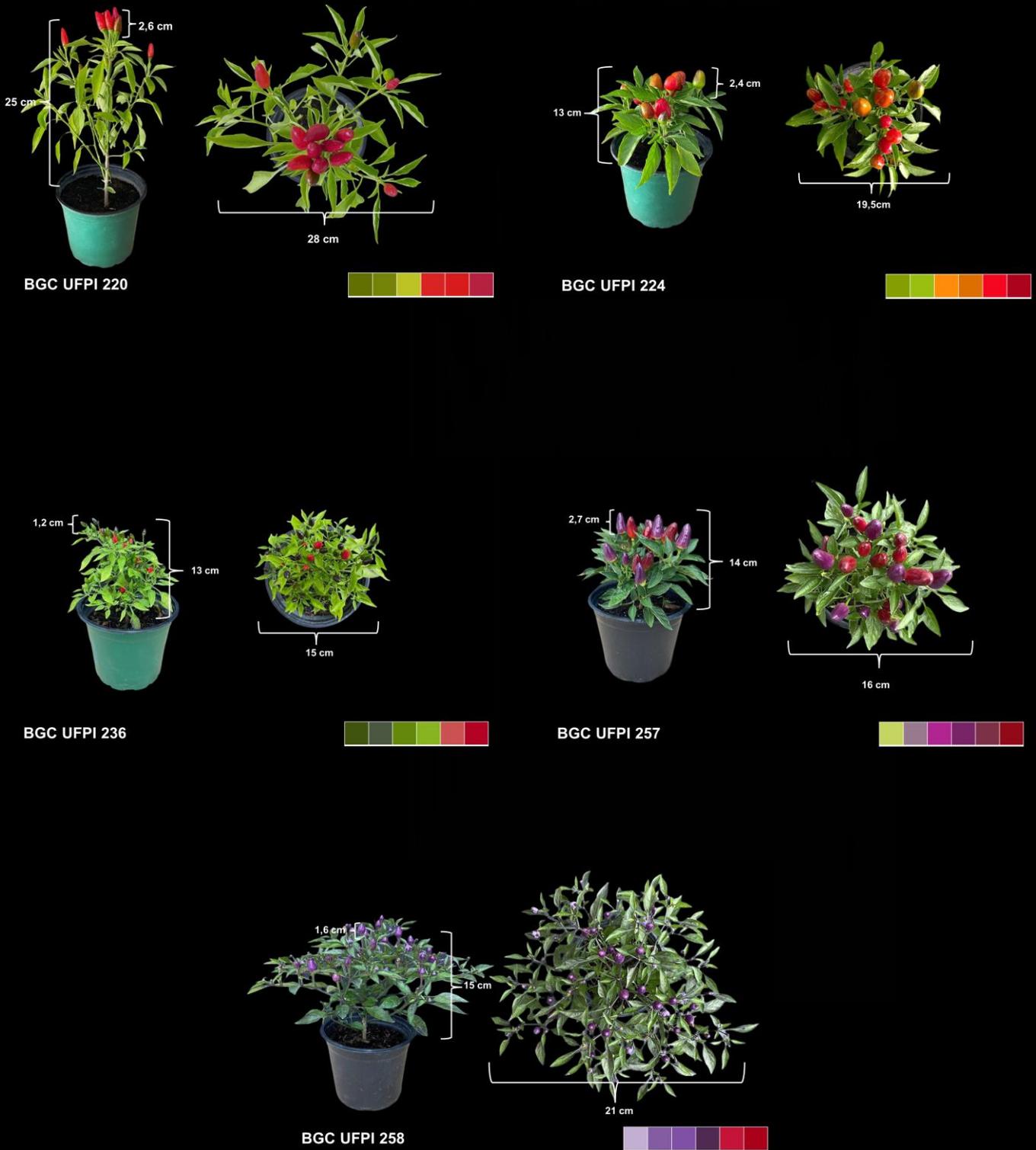
O dendrograma UPGMA indica que os cruzamentos devem ocorrer, no mínimo, entre representantes dos quatro grupos formados. Os descritores qualitativos multicategóricos tiveram forte influência na formação dos grupos do dendrograma.

A Figura 3.5, em forma de catálogo, ilustra os acessos BGC-UFPI, com respectivas as medidas morfométricas e as diferentes cores dos frutos durante a maturação na escala de cores.

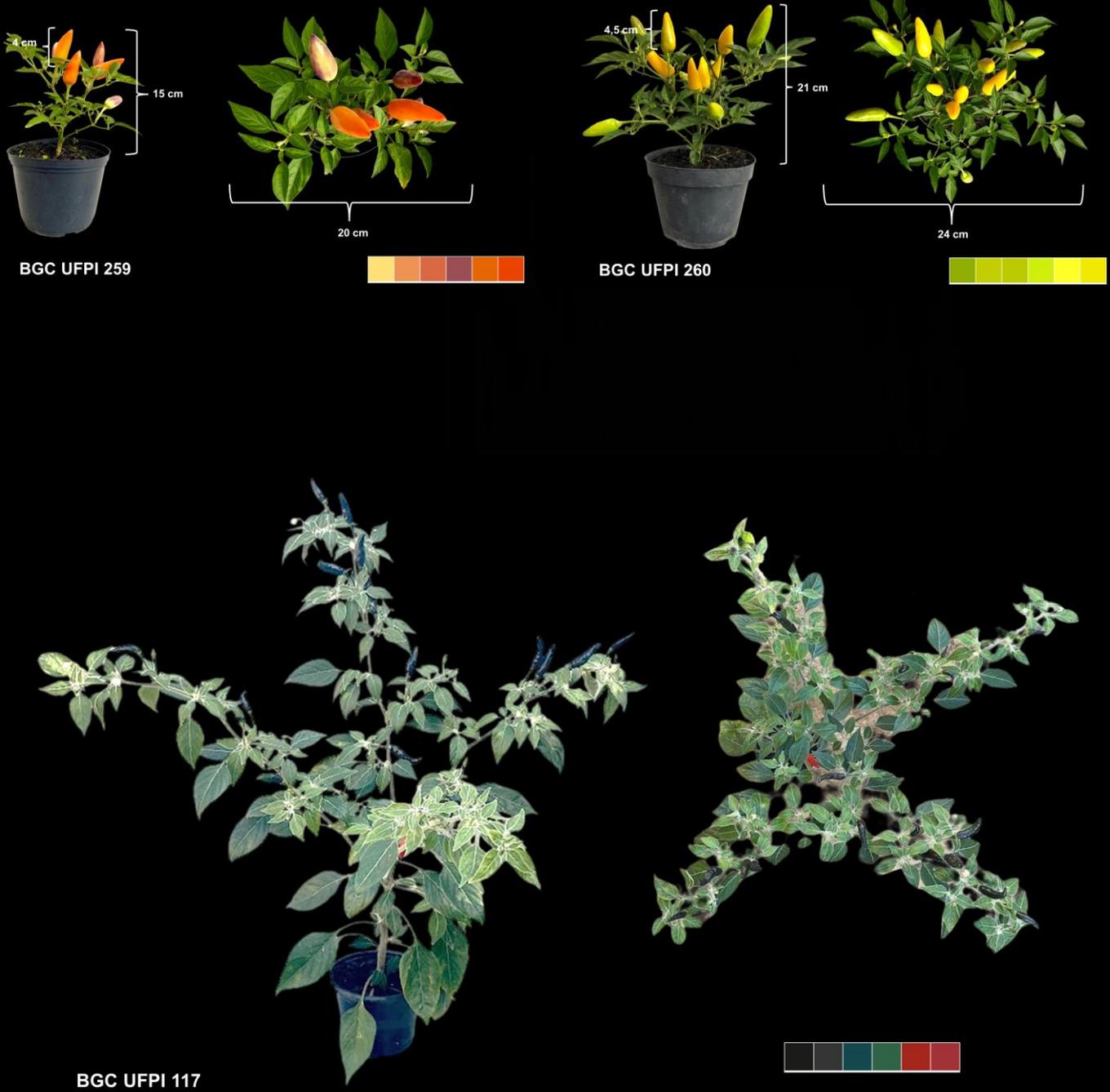
**Figura 3.5** - Variabilidade fenotípica verificada em acessos de pimenteiras com potencial ornamental, provenientes do Banco de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BGC - UFPI), caracterizados em Teresina, PI, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 3.5** - Variabilidade fenotípica verificada em acessos de pimenteiras com potencial ornamental, provenientes do Banco de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BGC - UFPI), caracterizados em Teresina, PI, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 3.5** - Variabilidade fenotípica verificada em acessos de pimenteiras com potencial ornamental, provenientes do Banco de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BAC - UFPI), caracterizados em Teresina, PI, Brasil, 2022 (Conclusão).



BGC-UFPI 199, 257 e 258 (Figura 3.5) podem ser selecionados como genitores para obtenção de pimenteiras ornamentais com frutos variando do roxo ao roxo escuro. BGC-UFPI 260 é indicado para obtenção de linhagens com frutos grandes e amarelos. BGC-UFPI 236 para inclusão como genitor em programas de melhoramento para frutos pequenos e alta densidade foliar em pimenteiras.

Pimenteiras com frutos com cores que variam do roxo ao preto já são tendências no mercado de pimentas (STOMMEL; GRIESBACH, 2005; STOMMEL; BOSLAND, 2007; COSTA et al., 2019; RÉGO et al., 2022) e garantem aos consumidores opções extras, além das populares pimentas que variam do laranja ao vermelho.

Já para pimenteiras ornamentais de frutos totalmente amarelos, a variabilidade dessas no mercado brasileiro ainda é baixa. A Veilling Holambra (2023) com seu conglomerado de floriculturas associadas disponibiliza no Brasil apenas duas variedades ornamentais amarelas, a *Karneval Yellow* e a *Acapulco Yellow*. Assim, novas variedades de tal cor e com formatos além do alongado e triangular podem garantir novidades ao mercado de pimenteiras ornamentais.

BGC-UFPI 199 e 203 (Figura 3.1 e 3.5) são recomendados para o caráter “diferentes cores durante a maturação”, uma vez que frutos coloridos são um dos principais aspectos decorativos das pimentas (BACKES et al., 2007; NEITZKE et al., 2010; COSTA et al., 2019; RÉGO et al., 2022).

Todos os acessos avaliados possuem frutos eretos com cores brilhantes que contrastam com as folhagens e garantem exibições vívidas dos frutos, tais aspectos estéticos mostram o potencial destes acessos na inclusão em programa de melhoramento genético de pimentas para fins ornamentais.

### 3.3.2 Caracterização de híbridos F<sub>1</sub> de pimenteiras ornamentais do gênero *Capsicum*.

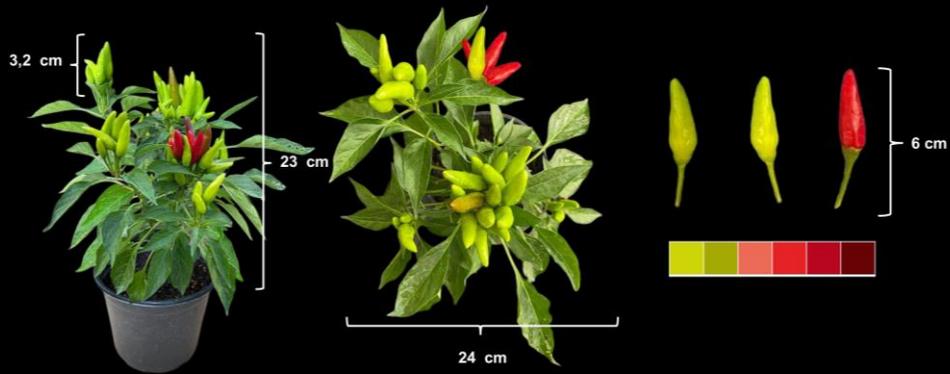
Os híbridos apresentaram folhas lanceoladas, sem pubescência (exceto H6) e exibiram frutos eretos com ápice pontiagudo. Caules angulares ou cilíndricos, de cor verde ou verde com estrias roxas (H3), firmes, com boa sustentação, sem necessidade de tutoramento. Apresentaram de boa a excelente cobertura de vaso (cobertura total), exceto o híbrido H6. A Figura 3.6, em forma de catálogo, ilustra os híbridos obtidos, com respectivas medidas morfométricas, frutos e diferentes cores observadas durante a maturação na escala de cores.

H1 (BGC-UFPI 220 × BGC-UFPI 207) é um híbrido que apresentou porte ereto, caules sem antocianina nodal, folhas verdes e com densidade foliar intermediária. As flores eram eretas e em cachos. A corola branca com anteras de cor azul-pálido. Os frutos são alongados e variaram do verde ao vermelho escuro durante a maturação, possuindo ainda uma epiderme lisa e brilhante.

H2 (BGC-UFPI 207 × BGC-FPI 203) (Figura 3.6) exibiu plantas de porte altamente compacto com folhas verdes e elevada densidade foliar. O caule desse híbrido expressou antocianina nodal roxa escura e duas flores por axila. As flores estiveram entre posição intermediária a ereta, com corola branca e anteras de cor azul-pálido. Os frutos foram predominantemente triangulares, lisos e brilhantes. Foram verificadas as cores: amarelo claro, laranja claro, laranja e vermelho ao longo da maturação dos frutos.

H3 (BGC-UFPI 220 × BGC-UFPI 258) apresentou porte predominantemente ereto, caule verde com estrias roxas e antocianina nodal roxa escura. Exibindo folhas variegadas (tons de verde e roxo escuro) com densidade foliar intermediária. Esse híbrido se caracterizou ainda por uma única flor ereta por axila e com corola incomum de cor lilás com margens das pétalas e anteras roxas. Já os frutos foram predominantemente alongados e com epiderme lisa e se destacaram dos demais por exhibir inicialmente cores entre o preto e o marrom, quando imaturos. Durante a maturação as cores escuras foram substituídas por tons de verde, e por fim chegaram à maturação com as cores finais entre o vermelho claro ao médio (Figura 3.6).

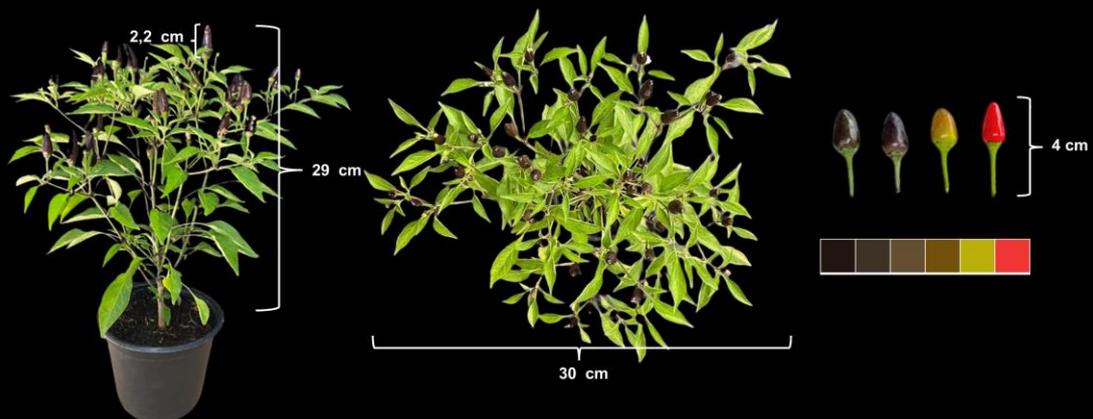
**Figura 3.6** - Variabilidade fenotípica observada em híbridos F<sub>1</sub> de pimenteiras ornamentais, da Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, Brasil, 2022 (Continua)



**(H1) BGC UFPI 220x207**

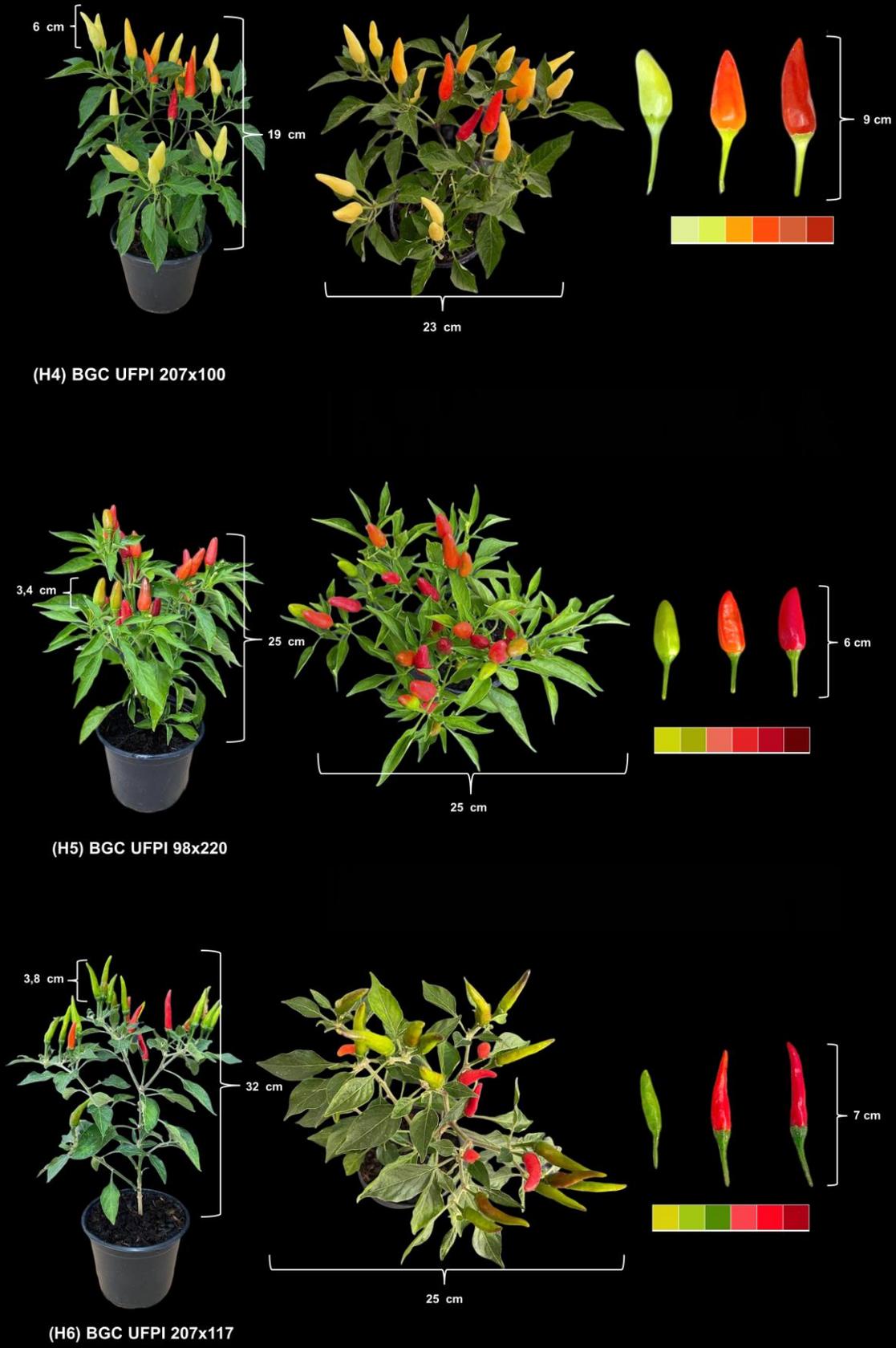


**(H2) BGC UFPI 207x203**



**(H3) BGC UFPI 220x258**

**Figura 3.6** - Variabilidade fenotípica observada em híbridos F<sub>1</sub> de pimenteiras ornamentais, da Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 3.6** - Variabilidade fenotípica observada em híbridos F<sub>1</sub> de pimenteiras ornamentais, da Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, Brasil, 2022 (Conclusão).



**(H7) BGC UFPI 98x257**



**(H8) BGC UFPI 199x207**



**(H9) BGC UFPI 203x220**

Pimentas ornamentais pretas são raras no mercado brasileiro. Na América do Norte as pimentas ornamentais pretas das variedades *Black Pearl* e *Black Olive* estiveram entre as mais bem avaliadas e procuradas após a disponibilização no mercado por varejistas e produtores, no período de 2006-2012, segundo os dados da *All-America Selections* (AAS WINNERS, 2023). A *All-America Selections* é uma organização independente, sem fins lucrativos, que testa variedades novas para o mercado de horticultura e jardinagem, e que recomenda pimenteiros de jardim com frutos pretos, principalmente em cachos, bem como folhagens variegadas ou pretas, que são tendências desde a obtenção das primeiras variedades testadas pela organização.

H4 (BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 100) (Figura 3.6) resultou em progênies com porte compacto e com antocianina nodal roxa escura. As plantas exibiram alta densidade foliar e folhas de cor verde claro. Dotadas de duas flores por axila, entre posição intermediária e eretas. Corola branca com anteras azuis. Já os frutos eram alongados com epiderme lisa e com cores que variaram do amarelo claro, laranja claro, laranja e vermelho durante o processo de maturação. H4 é um híbrido promissor com capacidade de ser melhorado, assim como a cultivar UENF 'Raios de Sol', que se caracteriza por frutos alongados, de coloração amarela a vermelha durante a maturação (BRASIL, 2022).

H5 (BGC-UFPI 98 × BGC-UFPI 220) de porte ereto e com elevada densidade foliar é um híbrido dotado de duas flores por axila e com a presença de antocianina nodal roxa escura no caule. Possui ainda flores eretas, brancas e com anteras de cor azul-pálido. Os frutos triangulares, lisos, brilhantes eram verdes quando imaturos, e vermelhos quando totalmente maduros.

H6 (BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 117) exibiu porte ereto, caules e folhas pubescentes e de cor verde claro. Possui duas flores por axila, com corola branca e anteras de cor azul-pálido. Esse híbrido apresentou baixa a média densidade foliar e ausência antocianina nodal. As flores, entre posição intermediária e ereta, resultaram em grandes e alongados frutos de textura semirrugosa. Tais frutos expressaram brilhantes tons de verde (verde claro ao escuro) quando imaturos, e tons de vermelho, especialmente vermelho-rosê e vermelho escuro, quando totalmente maduros.

H7 (BGC-UFPI 98 × BGC-UFPI 257) se caracterizou pelo hábito de crescimento ereto, ausência de antocianina nodal e por duas flores eretas por axila. Corola branca com margens roxas e anteras de um tom azul-pálido. Foi caracterizado com alta densidade foliar, sendo as folhas predominantemente de cor verde escuro. Os frutos triangulares, com epiderme lisa, expuseram cores entre o amarelo claro e o laranja claro com manchas roxas, seguindo para laranja com manchas roxo-escuras (próximas ao preto) durante o estágio intermediário. Quando completamente maduros, os frutos mudaram para a cor vermelha com manchas roxo-escuras ou para a cor vermelha com manchas vermelho-escuras.

H8 (BGC-UFPI 199 × BGC-UFPI 207) resultou em uma progênie com plantas altamente compactas, com flores eretas em cacho, corola branca com margens roxas e anteras azuis. As numerosas folhas verde-médio proporcionaram elevada densidade foliar para tais plantas. Os frutos triangulares, lisos e brilhantes manifestaram elevada variabilidade de cores durante o processo de maturação (lilás, creme, amarelo claro, amarelo, laranja claro, laranja e vermelho), similar ao verificado com o genitor BGC-UFPI 199, no entanto, não manifestando tons de roxo médio e escuro que caracterizam tal genitor.

O híbrido H8 e a linhagens de BGC-UFPI 199 têm grande potencial no avanço de gerações para a obtenção de novas variedades, tomando como referência a obtenção de híbridos que geraram a variedade *Eliza's Raibow* da Universidade Federal da Paraíba, uma pimenteira ornamental que exhibe frutos coloridos e com a presença da cor roxa clara durante a maturação dos frutos (RÊGO; RÊGO, 2018).

A heterogeneidade dos frutos de H8, bem como do genitor BGC-UFPI 199, evidenciam a presença de variabilidade genética morfológica, o que é bastante favorável ao melhoramento, pois possibilita a obtenção de ganhos produtivos/quantitativos por meio de ciclos de seleção (DA LUZ et al., 2019), tais genótipos ainda permitem a obtenção de linhagens superiores, por meio de seleção fenotípica de caracteres qualitativos promissores para o mercado de pimentas ornamentais, com frutos pretos, roxos ou em tons de branco (creme) ou de lilás (COSTA, 2018; OLIVEIRA, 2023).

H9 (BGC-UFPI 203 × BGC-UFPI 220) (Figura 3.6) foi caracterizado pelo crescimento ereto, ausência de antocianina no caule, alta densidade foliar, sendo as folhas de cor verde claro. As progênies obtidas, a partir de tal combinação híbrida,

exibiram duas flores eretas por axila, corolas brancas e anteras de cor azul-pálido. Tais híbridos ainda apresentaram frutos triangulares com epiderme predominantemente lisa, de cor verde quando imaturos, passando por diversos tons de vermelho durante os estágios finais de maturação.

Os híbridos F<sub>1</sub> obtidos apresentaram caracteres superiores aos de seus genitores, cuja explicação está no fenômeno denominado heterose (h) ou vigor híbrido. Isso ocorre devido a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação, em que espécies que pouco ou nada sofrem com a endogamia podem exibir em F<sub>1</sub> os efeitos heteróticos da hibridação, tais como: maior produtividade de frutos e área foliar, aumento do comprimento de frutos e flores (BUENO et al., 2006; RAMALHO et al., 2012; BORÉM et al., 2021).

Os valores de heterose variaram de -45,2 (CDP) a 99,3% (NFP) (Tabela 3.5), sendo os valores negativos observados importantes, em diversos descritores, que permite, por exemplo, o melhoramento para a redução da altura e do ciclo, com a redução da média ( $\mu$ ) do número de dias para o florescimento e maturação dos frutos.

Para o número de dias para o florescimento (NDF), os híbridos H1 ( $\mu = 65$  dias;  $h = -4,4\%$ ), H2 ( $\mu = 59,6$  dias;  $h = -13,3\%$ ), H3 ( $\mu = 60$  dias ;  $h = -12,2\%$ ), H4 ( $\mu = 57$  dias;  $h = -15,2\%$ ) e H8 ( $\mu = 56$  dias;  $h = -10,8\%$ ) exibiram melhores médias e heterose.

O híbrido H5 foi o único a exibir heterose positiva (1,1%) para número de dias para a maturação (NDM) com média de 105 dias, similar ao ciclo das variedades comercializadas pela Isla Sementes (2023) e Feltrin Sementes (2023). Os demais híbridos exibiram heterose negativa favorável para a redução número de dias para a maturação, dentre os quais se destacam: H1 ( $\mu = 96$  dias ;  $h = -11\%$ ), H4 ( $\mu = 90$  dias;  $h = -15\%$ ), H7 ( $\mu = 90$  dias;  $h = -11,1\%$ ), H8 ( $\mu = 88$  dias;  $h = -15\%$ ).

As médias próximas aos 90 dias para a maturação revelaram a precocidade dos híbridos obtidos e a importância da seleção de linhagens de pimentas ornamentais para esse caráter. Pimenteiros *C. annuum* com 98 a 116 dias revelam precocidade (ANTIPOVA; KASHNOVA, 2021) e a mensuração de tal caráter permite estimar o início das colheitas dos frutos comerciais (AISWARYA et al., 2020) ou início da comercialização de pimenteiros ornamentais como ocorre aos 100 dias nas cultivares Stromboli, Etna e Pirâmide ornamental (ISLA, 2018).

**Tabela 3.5** – Heterose percentual (h) dos híbridos em relação à média dos genitores para 12 descritores quantitativos avaliados em cruzamentos biparentais entre pimentas com potencial ornamental, em Teresina, PI, Brasil, 2023

Acessos	Identificação do cruzamento	NDF (dias)	NDM (dias)	ADP (cm)	CDP (cm)	NFP (unid)	PSF (dias)	CDF (cm)	LDF (cm)	PDF (g)	CDFol (cm)	LDFol (cm)	LDV (cm)
H1	BGC-UFPI 220 x 207	-4,4	-11,0	-3,4	-21,7	26,4	7,9	37,8	31,7	-6,1	10,8	13,5	21,9
H2	BGC-UFPI 207 x 203	-13,3	-8,2	36,3	0,6	77,5	1,2	80,0	31,6	15,6	12,4	8,8	27,2
H3	BGC-UFPI 220 x 258	-12,2	-6,8	23,0	-12,9	20,4	14,8	19,0	21,8	-10,0	6,8	-0,8	46,4
H4	BGC-UFPI 207 x 100	-15,2	-15,0	0,6	-15,5	-10,5	-14,8	50,5	9,1	-22,3	-14,5	-14,2	-3,1
H5	BGC-UFPI 98 x 220	16,3	1,1	11,8	-24,9	75,0	7,2	33,9	9,2	-0,3	15,3	-5,2	18,8
H6	BGC-UFPI 207 x 117	3,4	-8,5	-7,1	-14,9	-37,7	-5,5	33,1	56,0	-29,0	35,1	38,6	-8,7
H7	BGC-UFPI 98 x 257	2,7	-11,1	0,6	-33,5	24,7	-2,8	14,4	-22,0	20,4	3,2	3,8	11,5
H8	BGC-UFPI 199 x 207	-10,8	-15,0	16,7	-45,2	90,0	-3,4	7,5	0,1	-52,3	22,9	0,2	23,6
H9	BGC-UFPI 203 x 220	3,8	-0,7	24,9	-7,8	99,3	11,6	52,5	26,5	21,0	5,5	14,1	21,3

BGC-UFPI – Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí. Descritores: NDF - número de dias para o florescimento; NDM - número de dias para a maturação; ADP - altura da planta; CDP - comprimento do pedicelo; NFP - número de frutos por planta; PSF - persistência dos frutos; CDF - comprimento do fruto; LDF - largura do fruto; PDF - peso do fruto; CDFol - comprimento da folha; LDFol – largura da folha e LDV - largura do dossel vegetal

Para a altura da planta (ADP), a redução do porte ocorreu nos híbridos H1 ( $\mu = 22,6$  cm;  $h = -3,4\%$ ) e H6 ( $\mu = 32$  cm;  $h = -7,1\%$ ). Os outros híbridos exibiram baixos valores de heterose para o caráter (Tabela 3.5), uma vez que os genitores já possuem baixas médias para altura da planta, aspecto esse relevante no melhoramento de pimenteiras ornamentais.

Heterose negativa para o número de dias para o florescimento, número de dias para a maturação e altura da planta foram observadas por Gomide et al., (2003); Blat et al., (2007); Nascimento et al., (2010) e Silva (2015). E a redução a das médias desses descritores são recomendáveis para programas de melhoramento de *C. annuum* (BLAT et al., 2007), especialmente para fins ornamentais (RÊGO et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2015; COSTA et al., 2019).

Para o comprimento do pedicelo (CDP) houve ganhos positivos apenas para o híbrido H2, que exibiu média ( $\mu$ ) de 2,5 cm, e heterose ( $h$ ) de 0,6%. Já a heterose para o número de frutos por planta (NFP) foi promissora nos híbridos: H1 ( $\mu = 23$  frutos;  $h = 26,4\%$ ), H2 ( $\mu = 29$  frutos;  $h = 77,5\%$ ), H3 ( $\mu = 48$  frutos ;  $h = 20,4\%$ ), H5 ( $\mu = 25$  frutos;  $h = 75\%$ ), H8 ( $\mu = 45$  frutos;  $h = 90\%$ ) e H9 ( $\mu = 27$  frutos;  $h = 99,3\%$ ).

Para a persistência dos frutos (PSF) os ganhos heteróticos que merecem destaque ocorreram nos híbridos: H1 ( $\mu = 88$  dias;  $h = 7,9\%$ ), H3 ( $\mu = 97$  dias;  $h = 14,8\%$ ), H5 ( $\mu = 90$  dias;  $h = 7,2\%$ ), H9 ( $\mu = 92$  dias;  $h = 11,6\%$ ). Frutos mais persistentes em pimentas ornamentais têm sido avaliados em relação a sensibilidade ao etileno, em que acessos insensíveis podem ser selecionados e usados em ensaios visando registros de novas cultivares com maior persistência de frutos (RÊGO et al., 2022).

Todos os híbridos exibiram heterose para o comprimento do fruto (CDF), em que houve a variação de 7,5% (H8) a 80% (H2). Já para a largura do fruto (LDF) houve redução apenas no híbrido H7 ( $h = -22\%$ ), os demais expressaram percentual de heterótico variando de 0,1% (H8) a 56%(H6).

Para o peso do fruto (PDF), a heterose só foi positiva em H2 (15,6%), H7 (20,4%) e H9 (21%). Contudo, é necessário destacar que médias baixas e valores baixos e negativos de heterose para o peso do fruto em pimentas ornamentais não são agravantes no melhoramento da cultura, já que tal descritor é geralmente avaliado junto ao número de frutos por planta ou por vaso, uma vez que há demanda de pimenteiras com frutos pequenos com razoável número de frutos .

A heterose para o comprimento da folha (CDFol) variou de -14,5% (H4) a 35,1% (H6). Quanto à largura da folha (LDFol), a heterose percentual foi de -14,2% (H4) a 38,6% (H6). Já para a largura do dossel vegetal (LDV), somente os híbridos H4 e H6 exibiram heterose negativa, enquanto os demais exibiram bom desempenho, principalmente o H3, que se caracterizou pela média de 30,2 cm de largura de copa, o que representa um ganho de 46,4% (Tabela 3.5) em relação às médias de seus genitores.

Pessoa (2016) também verificou heterose para comprimento e largura da folha e para comprimento dos frutos em híbridos de pimenteiras ornamentais. Silva (2002) com híbridos de pimentões verificou heterose positiva para o número de frutos por planta.

Já Silva (2017) também avaliando híbridos de pimentas ornamentais verificarem efeitos heteróticos para o diâmetro de copa; dias para o florescimento; dias para frutificação; comprimento e diâmetro do fruto, e número de frutos por planta, indicando a importância da exploração de híbridos, bem como o desenvolvimento de linhagens superiores a partir do avanço das gerações segregantes.

Os híbridos H2, H3 e H8 apresentaram heterose para um maior número de caracteres favoráveis para uso como planta ornamental. Já os descritores que apresentaram melhor heterose e grau de importância no presente estudo foram: (1) número de dias para a maturação (NDM); (2) número de dias para o florescimento (NDF); (3) número de frutos por plantas (NFP); (4) comprimento do fruto (CDF); (5) largura do dossel vegetal (LDV); (6) comprimento da folha (CDFol).

A heterose tem sido explorada em diversas culturas, em que as populações são conduzidas após a obtenção de híbridos promissores, dentre os quais no gênero *Capsicum*, os pimentões (IKUTA; VENCOVSKY, 1970, BLAT et al., 2007) e pimentas ornamentais (SILVA et al., 2017; RÊGO; RÊGO, 2018) têm se destacado nas últimas décadas.

Os valores de heterobeltiose (Hb) variaram de -29,3 (NFP) a 19,2 (NDF) (Tabela 3.6) e mostram que alguns híbridos são superiores aos genitores que já exibem características promissoras para o melhoramento de pimentas para fins ornamentais.

**Tabela 3.6** – Heterobeltiose (Hb) percentual dos híbridos em relação à média dos genitores para 12 descritores quantitativos avaliados em cruzamentos biparentais entre pimentas com potencial ornamental, em Teresina, PI, Brasil, 2023

Acessos	Identificação do cruzamento	NDF (dias)	NDM (dias)	ADP (cm)	CDP (cm)	NFP (unid)	PSF (dias)	CDF (cm)	LDF (cm)	PDF (g)	CDFol (cm)	LDFol (cm)	LDV (cm)
H1	BGC-UFPI 220 x 207	2,3	-7,5	22,7	-26,1	8,5	4,7	28,0	29,5	-7,8	-5,6	2,0	12,7
H2	BGC-UFPI 207 x 203	-6,2	-6,7	56,3	-26,2	36,6	0,1	49	1,8	13,5	3,5	5,0	25,7
H3	BGC-UFPI 220 x 258	-6,3	-4,0	58,8	-37,3	-25,8	7,8	3,7	18,3	-43,7	-6,8	-15,4	46,1
H4	BGC-UFPI 207 x 100	-10,3	-13,5	11,1	-28,7	-24,5	-15,3	44,3	-18,1	-37,2	-21,6	-18,3	-4,4
H5	BGC-UFPI 98 x 220	35,1	8,5	55,7	-31,8	68,0	1,2	16,4	-21,5	-20,4	7,8	-15,4	16,0
H6	BGC-UFPI 207 x 117	10,2	-3,5	73,1	-22,8	-56,4	-17,8	19,2	4,9	-39,4	15,3	25	-31,8
H7	BGC-UFPI 98 x 257	12,2	-6,7	4,5	-46,7	8,7	-3,3	10,3	-32,9	-7,6	-1,6	-2,4	1,1
H8	BGC-UFPI 199 x 207	-9,7	-14,0	19,4	-48,2	69,5	-7,6	-11,8	-9,4	-56,1	26,1	-9,6	17,7
H9	BGC-UFPI 203 x 220	4,8	4,5	86,9	-34,8	75,0	7,0	34,3	-0,9	21,0	-3,17	6,0	13,3

BGC-UFPI – Banco de Germoplasma de *Capsicum* da Universidade Federal do Piauí. Descritores: NDF - número de dias para o florescimento; NDM - número de dias para a maturação; ADP - altura da planta; CDP - comprimento do pedicelo; NFP - número de frutos por planta; PSF - persistência dos frutos; CDF - comprimento do fruto; LDF - largura do fruto; PDF - peso do fruto; CDFol - comprimento da folha; LDFol – largura da folha e LDV - largura do dossel vegetal.

O híbrido H1 (BGC-UFPI 220 × BGC-UFPI 207) destacou-se para a heterobeltiose em relação ao número de dias para maturação (NDM), em que exibiu -7,5% em relação à média de dias para maturação do genitor mais tardio. Para o número de frutos por planta (NFP) houve um aumento de 8,5% na produção. Para o comprimento do fruto (CDF) houve ganhos de 28% e para largura do fruto, o incremento foi de 29,5%. A largura do dossel vegetal também apresentou vigor superior ao melhor genitor com Hb = 12,7%.

A heterobeltiose verificada no híbrido H2 (BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 203) foi promissora para o número de dias para o florescimento (-6,2%) e a maturação (-6,7%). O número de frutos (NDF) aumentou em 36,6% em relação ao genitor mais produtivo. O comprimento do fruto (Hb = 49%), peso do fruto (Hb = 13,5%) e largura do dossel vegetal (Hb = 25,7%) (Tabela 3.6) conferem a H2 aspectos estéticos mais harmoniosos para a planta em comparação ao tamanho dos frutos e copas de seus genitores.

H3 (BGC-UFPI 220 × BGC-UFPI 258) apresentou as melhores heterobeltioses para o número de dias para o florescimento (-6,35%) e maturação (-4%), largura do fruto (18,3%). Houve também elevada persistência, um incremento de 7,8% em relação ao genitor com maior persistência de frutos. Já a largura do dossel vegetal desse híbrido merece destaque por ser 46,1% superior ao melhor genitor.

Para o híbrido H4 (BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 100), as estimativas de heterobeltiose mais favoráveis foram para os descritores número de dias para o florescimento (-10,3%) e número de dias para a maturação (-13,5%), indicando a precocidade favorável desse híbrido. No comprimento do fruto (CDF) houve aumento de 44,3% em relação à média do melhor genitor (Tabela 3.6).

O híbrido H5 (BGC-UFPI 98 × BGC-UFPI 220) exibiu 68% de heterobeltiose para o número de frutos por planta (NFP), apresenta aumento de 16,4% para o comprimento do fruto (CDF), 7,8% para o comprimento da folha (CDFol) e 16% para a largura do dossel vegetal (LDV).

No H6 (BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 117), houve destaque da heterobeltiose para o número de dias para a maturação (Hb= -3,5%), o comprimento do fruto (Hb = 19,2%) e das folhas (Hb = 15,3%) e a largura das folhas (Hb = 25%). Houve redução de 31,8% da largura do dossel vegetal em H6 quando comparamos com o genitor BGC-UFPI 117, malagueta preta, o que foi benéfico, pois tal genitor apresentou

grande porte, e seu híbridos devem passar por seleção para a redução da altura de planta.

A altura das plantas em pimenteiras apresenta alta herdabilidade no sentido restrito (58,74%), sugerindo a predominância de efeitos gênicos aditivos em sua expressão (RÊGO et al., 2022b), isso indica que para a redução do porte, cruzamentos devem ser realizados com pimenteiras de pequeno porte para a obtenção de híbridos com medias intermediárias.

A heterobeltiose de H7 (BGC-UFPI 98 × BGC-UFPI 257) é vantajosa para os descritores: número de dias para maturação (-6,7%), número de frutos por planta (8,7%) e comprimento do fruto (10,3%), sendo necessário destacar que os genitores dessa combinação híbrida, *per ser*, já apresentam vários caracteres superiores aos encontrados no mercado de pimentas ornamentais.

H8 (BGC-UFPI 199 × BGC-UFPI 207) foi bastante promissor para diversos caracteres, porém as heterobeltioses que mais se destacaram foram para o número de dias para o florescimento (-9,7%) e para a maturação (-14%), número de frutos por planta (69,5%), comprimento da folha (1,1%) e largura do dossel vegetal (17,7%). Esse híbrido tem como um dos genitores o promissor acesso BGC-UFPI 199, coletado e caracterizado por Costa (2018), que verificou estética harmoniosa para porte, folhagem, flores e frutos, mostrando o genótipo apropriado ao cultivo em vaso e sendo recomendado para a obtenção de linhagens ou incluso em hibridações artificiais.

O híbrido H9 (BGC-UFPI 203 × BGC-UFPI220) teve destaque para heterobeltiose (Tabela 3.6) relacionada ao número de frutos por plantas (NFP) com o acréscimo de 75% na produção de frutos. Os frutos foram 7% mais persistentes que o melhor genitor, houve ainda aumento de 6% para a largura da folha (LDFol) e de 13,3% para largura do dossel vegetal (LDV).

Os híbridos H5 e H9 apresentaram caracteres quantitativos promissores como altura da planta, comprimento das folhas largura do dossel, porém, segundo Silva et al., (2020) mesmo que pimenteiras apresentem diâmetro da copa adequado e capazes de proporcionar equilíbrio com a arquitetura da planta, a ausência de caracteres qualitativos como várias mudanças de coloração na maturação dos frutos, não garante o valor ornamental buscado pelo setor floricultor na atualidade.

H5 e H9 podem ser retrocruzados com seus genitores mais ornamentais BGC-UFPI 207 e BGC-UFPI 203, respectivamente, ou após a obtenção da geração F<sub>2</sub>, exemplares podem ser cruzados com pimenteiras com variabilidade para as cores de frutos como BGC-UFPI 199, 257 e 259.

Pessoa et al. (2019) também verificaram heterobeltioses significativas, para altura da planta; largura do dossel e largura foliar para diversos híbridos e indicam que novas variedades de pimentas ornamentais podem ser desenvolvidas por hibridação, a fim de explorar os efeitos benéficos da heterobeltiose e heterose em *C. annuum*.

A diversidade morfológica para caracteres quantitativos e qualitativos das pimentas avaliadas é reforçada pela definição de pimentas ornamentais modernas que segundo Stommel, Kozlov e Griesbach (2018), devem possuir considerável diversidade de cores de frutos e flores e hábitos de crescimento, juntamente com atributos que permitam ao consumidor realizar diversos tipos de cultivo, como em vasos, canteiros e até mesmo em composições paisagísticas com plantas ornamentais maiores em jardins.

### 3.4 Conclusões

Pela caracterização morfoagronômica pode-se indicar BGC-UFPI 117 como genitor para obtenção de frutos pretos; BGC-UFPI 199, BGC-UFPI 257 e BGC-UFPI 258 para frutos roxos escuros; BGC-UFPI 260 para frutos grandes (maiores médias para comprimento e largura do fruto) ou para a cor amarela. BGC-UFPI 236 é promissor para frutos pequenos e alta densidade foliar. BGC-UFPI 199 e BGC-UFPI 203 são recomendados para o caráter “diferentes cores durante a maturação”. Já BGC-UFPI 220 pode ser utilizado como genitor para obtenção de híbridos com frutos em cacho.

Foi possível verificar variabilidade genética entre os acessos e selecionar os que exibem aspectos estéticos favoráveis para o início de um programa de melhoramento de pimentas ornamentais.

Os híbridos apresentaram heterose e heterobeltiose para caracteres quantitativos importantes que definem as pimentas ornamentais tais como altura reduzida, numerosos frutos, dossel com boa cobertura de vaso, precocidade de

floração e frutificação, além do aumento da persistência dos frutos que garante plantas produtivas por mais tempo.

Os híbridos exibiram aspectos estéticos promissores e caracteres distintos ou incomuns como: plantas com flores de cor lilás com bordas roxas e frutos pretos (H3–BGC-UFPI 220 × BGC-UFPI 258); plantas compactas com densidade foliar elevada simulando mini arbustos (H2 – BGC-UFPI 207 × BGC-UFPI 203); frutos bicolores com tons de laranja e preto (H7 – BGC-UFPI 98 × BGC-UFPI 257), e frutos com diferentes cores durante a maturação, predominando lilás ou roxo claro brilhante (H8 –BGC-UFPI 199 × BGC-UFPI 207). Ademais, os híbridos avançarão gerações no programa de melhoramento, resultando em linhagens para ensaios de VCU e DHE e sucedendo em posterior registro de cultivares.

## REFERÊNCIAS

AAS WINNERS. **Ornamental Pepper Black Olive and Black Pearl**. All-America Selections (2006-2012), Downers Grove Illinois, EUA (2023). Disponível em: <<https://all-americanselections.org/product/ornamental-pepper-black-olive/>>. Acesso em 18 de outubro de 2023.

ALCÂNTARA, F. A.; RIBEIRO, C. S. C. Solos e Adubação: In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 81–93, 2008.

ALMEIDA, B. M. et al. Morphological diversity among Brazilian *Capsicum* peppers. **Ciência Rural**, v. 53, p. e20210559, 2022.

ARI, E. et al. Comparison of different androgenesis protocols for doubled haploid plant production in ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). **Turkish Journal of Biology**, v. 40, n. 4, p. 944–954, 2016.

AISWARYA; I et al. Diallel analysis of chilli pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes for morphological and fruit biochemical traits. **Plants**, v. 9, n. 1, p. 1, 2020.

ANTIPOVA, N. Y; KASHNOVA, E. V. Modern aspects and results of sweet pepper breeding in Western Siberia. **Vegetable crops of Russia**, n. 4, p. 53-56, 2021.

BACKES, C. et al. Produção de pimenta ornamental em função de substratos e doses de adubação com fertilizantes de liberação lenta e tradicional. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 6, n. 1-2, p. 67-76, 2007.

- BLAT, S. F. et al. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 350-354, 2007.
- BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers**. Vegetable and Spice Capsicums, 2ed.; CABI: Cambridge, UK, 2012.
- BORÉM, A., MIRANDA, G. V. FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 8 ed., Editora Oficina dos textos, São Paulo, 2021. 456 p.
- BROWN, C. H. et al. The Paleobiolinguistics of Domesticated Chili Pepper. **Ethnobiology Letters**, v. 4, p.1-11, 2013.
- BRASIL. (2022) Cultivares registradas. In: Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. UENF Raio de Sol. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas). Acesso em 8 de fevereiro de 2022.
- BUENO, L.C.S. et al. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. 2.ed. UFLA. 2006. 319p.
- BÜTTOW, M. V. et al. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1264-1269, 2010.
- CARVALHO, A. V. et al. Caracterização de genótipos de pimentas *Capsicum* spp. durante a maturação. Belém, PA: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ Embrapa Amazônia Oriental**, v. 90, p. 8-18, 2014.
- CARVALHO, S. I. C. et al. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003. 49 p.
- CARVALHO, S. I. C. et al. **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 27p. (Documentos, 94).
- CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. Botânica e Recursos Genéticos: In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 39–54, 2008.
- CHANDLER, S. F., SANCHEZ, C. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. **Plant Biotechnology**, v. 10, p. 891–903., 2012.
- CHUAH, A. M. et al. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. **Food Chemistry**, Barking, v. 111, n. 1, p. 20-28, 2008.
- CISNEROS-PINEDA, O. et al. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatán, Mexico. **Food Chemistry**, Barking, v. 104, n. 4, p. 1755-1760, 2007.

CLEMENT, C. R. et al. Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity**, v. 2, p. 72-106, 2010.

COSTA, G. N. **Diversidade genética e avaliação do potencial ornamental de acessos de pimentas *Capsicum spp.*** 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Teresina, 2018.

COSTA, G. N. et al. Selection of pepper accessions with ornamental potential. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 566-574, 2019.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG), 2006. 382p.

DA LUZ, P. B et al. Variabilidade genética utilizando descritores morfológicos para acessos de *Capsicum spp.* para fins ornamentais. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 675-680, 2019.

FINGER, F. L. et al. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). **Pimentas: do produtor ao consumidor**. v. 3, n. 267, p. 14-20. 2012.

FERRAZ, G. V. **Densidade de plantas no cultivo de acessos de pimenta ornamental**. 2022. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2022.

FLORAHOLLAND. **Product specifications**. Koninklijke Cooperatieve Bloemenveiling FloraHolland U. A. Disponível em: <<https://www.royalfloraholland.com/en>>. Acesso em: 01 de fev. 2018.

FELTRIN. **Pimentas Feltrin**. FELTRIN Sementes. Farroupilha. Disponível em: <<https://www.sementesfeltrin.com.br/>>. Acesso em: 28 de fev. 2023.

GOMIDE, M. L. et al Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 05, p. 1007-1015, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA (IBRAFLOR). Disponível em: <[http://www.ibraflor.com/p\\_qualidade.php](http://www.ibraflor.com/p_qualidade.php)>. Acesso em: 04 de jan. 2023.

INTERNACIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI). **Descritores para *Capsicum*** - (*Capsicum spp.*). Roma, 1995. 51p.

ISLA. **Pimenta Ornamental**. ISLA Sementes. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.isla.com.br>>. Acesso em: 13 de fev. 2018.

IKUTA, H.; VENCOSKY, R. Ensaio de híbridos F1 de variedades de pimentão resistentes a viroses. Piracicaba: ESALQ, Depto. Genética, 1970. p.62-64. (Relatório científico, 4).

LORENZI, H; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 1088p.

MELO, L. F. et al. Potencial ornamental de acessos de pimenta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2010-2015, 2014.

MOREIRA, G. R. M. et al. **Espécies e variedades de pimenta**. In: EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Cultivo da pimenta. v. 27, n. 235, p. 16-29, 2006.

NASCIMENTO, I. R. et al. Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 02, p. 235-240, 2010.

NASCIMENTO, N. F. F. et al. Intraespecific compatibility in ornamental pepper. **Acta Horticulturae**, v. 1087, p. 339-344, 2015.

NEITZKE, R. S. et al. Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 47-53, 2010.

NEITZKE, R. S. et al. Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 102–109, 2016.

OLIVEIRA, M. V. P. **Seleção fenotípica em população de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.)**. 2023. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2023.

PESSOA, A. M. S. **Divergência genética e análise dialélica em pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.)**. 2016. 239 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

PICKERSGILL, B. The genus *Capsicum*: a multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. **Biologisches Zentralblatt**, v. 107, p. 381-389, 1988.

PESSOA, A. et al. Potential of pepper plant accessions for ornamental purposes using diallel analysis. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n.4, 2019.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na Agropecuária**. 5. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Org). **Capsicum: pimentas e pimentões do Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.

REIFSCHNEIDER, F. J. B .et al. **Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros**. 1ed. Brasília, DF, 2014. 156 p.

RÊGO, E. R. et al. Inheritance for earliness in ornamental peppers (*Capsicum annuum*). **Acta Horticulturae**, v. 961, p. 405-410, 2012.

RÊGO; E. R.; RÊGO M. M. Ornamental pepper. In: Van Huylenbroeck J (Ed.) **Ornamental crops**. Melle, Springer. p. 529-565, 2018.

- RÊGO, E. R. et al. Selection of ornamental peppers elite lines for ethylene insensitive. **Revista Ceres**, v. 69, p. 294-298, 2022a.
- RÊGO, E. R. et al. Inheritance of morpho-agronomic traits in ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. 1-10, 2022b.
- ROHLF, F. J. Adaptative hierarquical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 19, n. 1, p. 58-82, 1970.
- SANTOS, R. M. C. et al. Ornamental pepper breeding: could a chili be a flower ornamental plant? **Acta Horticulturae**, v. 1000, p. 451-456, 2013.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507- 512, 1974.
- SILVA, C. Q. **Heterose e capacidade combinatória de híbridos de *Capsicum annuum* para o mercado ornamental**. 2015, 82 f. . Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2015.
- SILVA, F. C. et al. Evaluation of substrates on the production of ornamental *Capsicum*. **Acta Horticulturae**, v. 1060, p.115-120, 2015.
- SILVA, C. Q. et al. Heterosis and combining ability for ornamental chili pepper. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 349-357, 2017.
- SILVA, L. L. da. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais de pimentão**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Genética e Melhoramento), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- SILVA, L. N. et al. Diversidade genética em genótipos de *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) promissores para uso ornamental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, n. 17, v. 7, p. 1165-1174, 2020.
- SOUSA, V. A. **Dissimilaridade genética, preferências e aceitação de pimentas ornamentais**. 2021. 46 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Estudos Superiores de Coelho Neto, Coelho Neto, 2021.
- STOMMEL, J. R.; BOSLAND, P.W. **Ornamental pepper: *Capsicum annuum***. In: Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21st century. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p. 561-599.
- STOMMEL, J. R.; BOSLAND, P. W. Ornamental pepper *Capsicum annuum*. In: ANDERSON, N. O. (Ed.). **Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges, and Opportunities for the 21<sup>st</sup> Century**. Dordrecht, the Netherlands: Springer, p. 561-599, 2005.

STOMMEL, J. R.; GRIESBACH, R. J. *Capsicum annuum* L. Black Pearl'. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1571, 2005.

STOMMEL, J. R.; KOZLOV, M.; GRIESBACH, R. J. Ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars comprising the christmas lights cultivar series. **HortScience**, v. 53, n. 3, p. 391-394, 2018.

SUDRÉ, C. P. et al. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 88-93, 2006.

USDA. **Christmas Lights peppers**. United States Department of Agriculture. (2020) Disponível em: <<https://tellus.ars.usda.gov/stories/articles/pleasing-peppers-for-garden-and-plate>>. Acesso em 30 de dezembro de 2020.

VASCONCELOS, C. S. et al. Determinação da dissimilaridade genética entre acessos de *Capsicum chinense* com base em características de flores. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 4, p. 493-498, 2012.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamento dialélicos de variedades**. 1970. 59f. Tese (Livre-Docente) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1970.

VEILING HOLAMBRA. **Crítérios de classificação pimenta ornamental**. Cooperativa Veiling Holambra: Santo Antonio de Posse, SP, 2018. Disponível em: <[http://veiling.com.br/uploads/padrao\\_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf](http://veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf)>. Acesso em: 04 de jan. 2018

VITIS AGRICOLA. **Black Cobra Pepper**. Comercial Viitis, Besteiros, Portugal, 2020. Disponível em: <<https://www.vittis.net/produto/piri-piri-preto/>>. Acesso em: 06 de out. 2023.

WITT, D. **The chile pepper encyclopedia**. New York: William Morrow and Company, 1999. 337p.

XAVIER, V. C. et al. Concentração da solução nutritiva no cultivo hidropônico de pimenta ornamental. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 13, n. 1, p. 24-32. 2006.

## 4 ANÁLISE DIALÉLICA E OBTENÇÃO HÍBRIDOS DE GERÂNIOS (*Pelargonium* spp.)

### Resumo

Os gerânios são plantas ornamentais destinadas ao cultivo em jardins e vasos, e com popularidade devido a floração abundante, variabilidade de cores, diferentes padrões foliares e facilidade de cultivo. O melhoramento genético tem sido realizado para a redução do porte da planta e para o formato e cor das folhas e flores. O presente estudo, objetivou-se obter híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium* e estimar capacidade geral e específica de combinação em cruzamentos dialélicos circulantes. Os experimentos foram conduzidos em telado, no Sítio Jurema Norte, no município de Ibiapina, na Serra da Ibiapaba, Ceará, no período de setembro de 2021 a maio de 2023. As polinizações artificiais foram realizadas entre 10 e 11h da manhã, resultado na obtenção de 18 plantas F<sub>1</sub> e 275 plantas na geração F<sub>2</sub>. A caracterização foi feita com base nos descritores para *Pelargonium* elaborados pela União para Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV), e as cores identificadas pela cartela de cores da *Royal Horticultural Society Colour Charts* (RHS). Os dados dos descritores quantitativos foram submetidos à análise de variância univariada, seguida do agrupamento das médias (Scott-Knott, a 5% de probabilidade), e os dados dos descritores qualitativos multicategóricos foram ponderados a partir da moda observada. Também foram realizados agrupamento dos genitores e híbridos F<sub>1</sub> pelo método de Tocher e UPGMA e análise dialélica na geração F<sub>2</sub>. O dendrograma explicou melhor a variabilidade dos genótipos que o método de Tocher e pela caracterização morfoagronômica verificou-se que os híbridos G8, G11 e G17, que exibem combinações de tons de rosa (RHS 51B, 54B, 59D), ameixa (RHS 61A) e vermelho (RHS 44B), respectivamente, mesclados com branco são adequados para a comercialização e promissores para a inclusão em programas de melhoramento. A análise dialélica mostrou que as melhores CEC para a redução da altura da planta foram para combinações híbridas 14×11, 14×13 e 15×12. Houve ampla variabilidade na geração F<sub>2</sub> e os caracteres qualitativos foram mais eficientes na indicação de híbridos para o mercado floricultor, porém os híbridos com flores bicolors, tricolors e com pétalas matizadas, especialmente oriundos de 09×07, 11×10, 12×09, 13×11 e 18×17, devem ser avaliados em estudos de controle genético e em ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE).

**Palavras-chave:** CEC. CGC. Divergência genética; Flores.

## 4 DIALLEL ANALYSIS AND OBTAINING GERANIUMS HYBRIDS (*Pelargonium* spp.)

### Resumo

Geraniums are ornamental plants intended for cultivation in gardens and pots, and they are popular due to their abundant flowering, variability of colors, different leaf and flower patterns, and ease of cultivation. Plant breeding has been carried out to reduce the size of the plant and to improve the shape and color of the leaves and flowers. This study aimed to obtain hybrids of geraniums from the *Pelargonium* genus and estimate their general and specific combining ability in circulating diallel crosses. The experiments were conducted in a greenhouse located at Jurema Norte, in the municipality of Ibiapina, Serra da Ibiapaba, Ceará, from September 2021 to May 2023. Artificial pollinations were performed between 10 and 11 a.m., resulting in the obtaining of 18 F<sub>1</sub> plants and 275 plants in the F<sub>2</sub> generation. Characterization was based on the descriptors for *Pelargonium* developed by International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), and colors were identified using the RHS color chart (Royal Horticultural Society Colour Charts). The data from quantitative descriptors were subjected to univariate analysis of variance, followed by clustering of means (Scott-Knott, at a 5% probability), and data from qualitative multicategorical descriptors were weighted based on the observed mode. Clustering of parents and F<sub>1</sub> hybrids was also performed using the Tocher method and UPGMA, and diallel analysis was conducted in the F<sub>2</sub> generation. The dendrogram explained the genotype variability better than the Tocher method, and morpho-agronomic characterization revealed that hybrids G8, G11, and G17, which exhibit combinations of pink shades (RHS 51B, 54B, 59D), plum (RHS 61A), and red (RHS 44B), respectively, blended with white, are suitable for commercialization and promising for inclusion in breeding programs. The diallel analysis showed that the best specific combining ability for reducing plant height was found in hybrid combinations 14×11, 14×13, and 15×12. There was wide variability in the F<sub>2</sub> generation, and qualitative traits were more efficient in indicating hybrids for the floriculture market. However, hybrids with bicolored, tricolored, and variegated petals, especially those derived from 09×07, 11×10, 12×09, 13×11, and 18×17, should be evaluated in studies of genetic control and distinctness, uniformity, and stability.

**Keywords:** GCA; SCA; Genetic divergence; Flowers.

## 4.1 Introdução

Geraniaceae apresenta distribuição predominantemente em regiões de clima temperado e subtropical com aproximadamente 800 espécies distribuídas em sete gêneros. No Brasil são dois gêneros nativos, *Erodium* e *Geranium*, com aproximadamente dez espécies, concentradas na região sul do país, e um gênero introduzido, *Pelargonium*. O nome popular “gerânio” é atribuído às espécies de *Geranium* e *Pelargonium*, sendo *P. hortorum* a mais comum, seguida de *P. peltatum*, uma espécie pendente muito utilizada em jardineiras (SOUZA; LORENZI, 2012).

O gênero *Pelargonium* se caracteriza por plantas herbáceas anuais ou perenes, arbustivas, aromáticas, podendo apresentar aroma leve a muito forte. O caule geralmente é ereto com folhas alternas; palmatilobadas ou palmatissectas. Inflorescência cimosas, umbeliforme, com dezenas de flores pentaméricas localizadas na extremidade de um longo pedúnculo floral. As flores são vistosas e bissexuadas. As pétalas podem ser iguais a fortemente desiguais, duas superiores geralmente, três inferiores, diferentes em formato, posição, geralmente com marcas e/ou listras de cores diferentes e/ou mais intensas. O fruto é deiscente, geralmente oblongo, base aguda, com uma ou poucas sementes aladas que podem ser disseminadas pelo vento ou por animais (NESSMANN, 1998, ZIMMERMAN, 1998; VOSTER, 2012; SOUZA; LORENZI, 2012).

Ainda em relação as flores, estas podem ser de três tipos: simples, com 5 pétalas; semi-duplo com 6 a 15 pétalas e duplo com mais de 16 pétalas. As flores duplas contêm pétalas extras que incorporam anteras que podem ou não serem funcionais. Aparentemente, esta duplicação implica na transformação total de todo o aparelho sexual, dando origem a flores estéreis (HARNEY, 1976). As cores das flores são claras e brilhantes com uma ampla variedade de tons, e no gênero podem ser verificadas diversas cores, tais como: branco, creme, laranja, rosa, salmão, vermelho, lilás, roxo e combinações destas (MITCHELL; MARKHAM; BOASE, 1998).

De acordo com Centro de Estudos ambientais e Paisagísticos Pesquisa Botânica e Prática Profissional de Minas Gerais (CEAP, 2022), os gerânios têm sido indicados para regiões de temperaturas mais amenas, pois apreciam ao frio. Podem ser cultivados em jardineiras ou vasos, onde possa pender sua ramagem, a exemplo de janelas e sacadas. O gênero *Pelargonium*, com muitas espécies e variedades, é o

mais representativo no paisagismo, principalmente as espécies *P. domesticum*, *P. hortorum* e *P. peltatum*. As espécies citadas são frequentemente usadas em áreas abertas e ensolaradas nos jardins e em jardineiras suspensas.

Em relação as principais espécies de gerânios do gênero *Pelargonium*, que são relacionadas aos genótipos do presente estudo, foram identificados 168 registros no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023), sendo 41 registros para *Pelargonium zonale*, 25 registros para *Pelargonium × hortorum* L.H. Bailey. E para os gerânios de difícil identificação botânica, porém, em conformidade com a UPOV (*The International Union for the Protection of New Varieties of Plants*), existe a categoria *Pelargonium zonale* Group = *Pelargonium × hortorum* L.H. Bailey, onde foram identificados 102 registros.

Dentro de um programa de melhoramento envolvendo hibridações, a seleção de parentais ou genitores é uma etapa das mais importantes. Para isso, é preciso obter estimativas de parâmetros genéticos que possibilitem o conhecimento sobre a concentração de alelos favoráveis, após recombinação, além de analisar as combinações híbridas mais promissoras. Dentro desse contexto, estão as análises dialélicas ou cruzamentos dialélicos (LOPES, 2001).

Dialelos ou cruzamentos dialélicos são delineamentos genéticos que envolvem cruzamentos planejados. Esses cruzamentos são realizados aos pares e envolvem várias ou todas as combinações possíveis dentro de um grupo de genitores pré-estabelecido.

Esse método genético-estatístico auxilia na seleção de genitores, com base na capacidade de combinação relacionada à produtividade e outros caracteres fitotécnicos em populações segregantes. Permite ainda, conhecer o controle genético desses caracteres e orientar o método de melhoramento a ser adotado (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Ainda de acordo com os mesmos autores de maneira geral, têm sido utilizados vários tipos de dialelos tais como: completos, parciais, incompletos e desbalanceados e circulantes.

O número de genitores incluídos em dialelo completo geralmente é elevado, acarretando em muitas polinizações artificiais, o que aliado às dificuldades das operações de campo, disponibilidade de recursos financeiros, mão-de-obra e período para a execução dos cruzamentos, pode limitar a viabilidade do mesmo (FERREIRA, 2003). Os dialelos circulantes propostos Kempthorne e Curnow (1961) surgem como uma das alternativas para a solução deste problema, onde são avaliados apenas uma amostra de todos os cruzamentos possíveis entre os genitores envolvidos em um programa de melhoramento.

De tal modo, objetivou-se no presente estudo obter híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium* e estimar capacidade geral e específica de combinação em cruzamentos dialélicos circulantes.

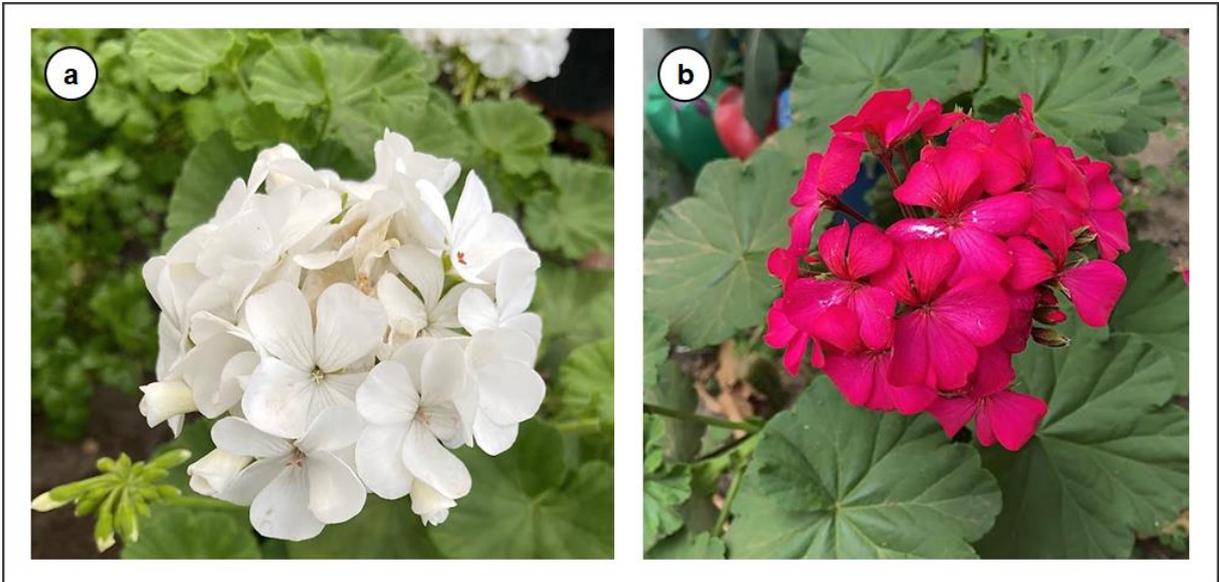
## **4.2 Material e Métodos**

### **4.2.1 Genótipos parentais (P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>) e obtenção de híbridos F<sub>1</sub>**

O experimento foi conduzido em estufa agrícola convencional (estrutura de madeira, ferro galvanizado e cobertura polietileno transparente de baixa densidade) e telado (Sombrite 50%), ambos situados no Sítio Jurema Norte, no município de Ibiapina, na Serra da Ibiapaba, Ceará, a 850 m de altitude, 03°56'07" de latitude S e 40°56'28" de longitude W, no período de setembro de 2021 a maio de 2023.

Foram utilizados dois genótipos de gerânios (Figura 4.1) coletados no sítio supramencionado, e identificados pela chave de classificação botânica para *Pelargonium* do Herbário Jepson da Universidade da Califórnia, Berkeley. Em seguida, foram registrados como acessos da Coleção de Germoplasma de Plantas Ornamentais da Universidade Federal do Piauí (ORN-UFPI), pertencente ao Laboratório de Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas (RGMP), da referida instituição.

**Figura 4.1** – Genótipos de gerânios do gênero *Pelargonium* coletados em Ibiapina-CE, 2021, e utilizados como genitores nos cruzamentos para a obtenção de híbridos F<sub>1</sub>. (a) Gerânio branco, genitor feminino; (b) Gerânio rosa escuro, genitor masculino



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Cruzamentos iniciais foram realizados de 09 às 11 da manhã, em setembro de 2021, resultando na formação de 43 frutos. As sementes F<sub>1</sub> foram semeadas em bandejas de polietileno, com 50 células, contendo substrato de fibra de coco, em 13 de outubro de 2021.

Foram obtidas 18 plantas, que foram cultivadas em vasos de plástico flexível (Tipo Holambra NP 14) contendo substrato comercial *Reijers*®. Os 18 genótipos compuseram a geração F<sub>1</sub> e foram caracterizados no período de outubro de 2021 a março de 2022, com o uso de 46 descritores para gerânios do gênero *Pelargonium*, publicados pelo *International Union for the Protection of new Varieties of Plants* (UPOV, 2008), sendo 11 quantitativos e 35 qualitativos muticategóricos (Anexo 2).

Após as caracterizações morfológicas, as plantas da geração F<sub>1</sub> foram fotografadas em mini estúdio, e em seguida foram transplantadas para vasos de plástico redondos N50 (43 litros), onde foram cultivadas para posteriores polinizações artificiais visando obtenção de sementes híbridas para o avanço de geração.

#### 4.2.2 Obtenção dos híbridos da geração F<sub>2</sub>

Para a obtenção da geração F<sub>2</sub>, foram realizados cruzamento envolvendo as 18 plantas da geração F<sub>1</sub>. As polinizações foram realizadas entre 09 e 15 horas, durante o mês de abril de 2022. Foram obtidos 400 frutos, e 600 sementes F<sub>2</sub>, que foram semeadas em bandejas de polietileno, com 200 células, contendo substrato de fibra de coco, em 12 de junho de 2022.

As 275 plantas obtidas, cultivadas em vasos de plástico flexível (Tipo Holambra NP 14) contendo substrato comercial *Reijers*®, compuseram a geração F<sub>2</sub> e foram caracterizados no período de julho de 2022 a maio de 2023, com o uso de 27 descritores para gerânios do gênero *Pelargonium*, publicados pela UPOV (2008), sendo 05 quantitativos e 22 qualitativos muticategóricos (Anexo 2). A redução dos descritores qualitativos ocorreu devido a eliminação daqueles que não apresentaram relevância para a verificação da variabilidade nas gerações avaliadas.

Nas duas gerações (F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>), as plântulas com duas a quatro folhas definitivas foram transplantadas para vasos plásticos e acondicionados em telado (sombrite 50%). A adubação de fundação foi feita com NPK (10-10-10) e adubação de cobertura aos 30 dias após a semeadura. Para potencializar o florescimento dos gerânios, foi realizada uma adubação rica em fósforo, com adubo líquido NPK 4-14-8. Quinzenalmente foram realizadas aplicações de fertilizante foliar *Amino AgRoss*®, segundo a recomendação do fabricante para plantas ornamentais.

O controle de pragas durante a condução de todo o experimento foi realizado de forma agroecológica. Foi utilizado extrato de alho e pimenta (3:3) diluído em 500 mL de água para o controle de lagartas. Soluções de vinagre, detergente e água (15 mL/15 mL/ 500 mL) para o combate de pulgões e cochonilhas. Para a desinfestação de fungos foram realizadas aspersões com solução de bicarbonato de sódio (15 g/500mL de água) e soluções de água oxigenada (3%) (30 mL/500mL de água).

#### 4.2.3 Análises Estatístico-Genéticas

Para estimar a divergência genética existente entre genitores e genótipos da geração  $F_1$ , foi realizada a análise de variância univariada, para os caracteres quantitativos, seguida do agrupamento das médias, por meio do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (SCOTT; KNOTT, 1974).

Os descritores qualitativos foram analisados a partir da moda de cada variável por genótipo, sem repetição. A matriz de dissimilaridade obtida, adotando-se a distância euclidiana, foi utilizada para o agrupamento dos genitores e híbridos  $F_1$  pelo método de otimização de Tocher (RAO, 1952) modificado (Sequencial), proposto por Vasconcelos et al. (2007).

A partir da combinação dos conjuntos de caracteres (quantitativos e qualitativos), adotando-se a distância generalizada de Gower (1971) como medida de dissimilaridade, os genótipos foram agrupados pelo método hierárquico de ligação média entre grupos (UPGMA).

O algoritmo para estabelecimento dos cruzamentos do dialelo circulante para a obtenção de uma população  $F_2$  foi baseado no que foi proposto por Kempthorne e Curnow (1961), em que:

$p$  = número de genitores a serem estudados;

$s$  = número de combinações híbridas de cada genitor,  $s < p - 1$  e  $s \geq 3$  para dialelos que incluem apenas os híbridos e  $s \geq 2$  quando também são incluídos os genitores;

$ps/2$  = (razão referente ao número total de cruzamentos); e

$K = (p+1-s) / 2$  = (razão referente a um número inteiro).

Foram utilizadas três combinações híbridas de cada genitor com os demais, proporcionando valor de  $s = 3$ . Em decorrência,  $k$ , que define o limite inferior e superior do dialelo, teve magnitude igual a oito. O quadro 4.1 contém as combinações híbridas e respectivos genitores.

**Quadro 4.1** – Dialelo circulante envolvendo três combinações híbridas ( $s=3$ ) de cada um dos 18 genitores ( $p=18$ ) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, 2023

♂ \ ♀	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
01		02×01	03×01	04×01														
02			03×02	04×02	05×02													
03				04×03	05×03	06×03												
04					05×04	06×04	07×04											
05						06×05	07×05	08×05										
06							07×06	08×06	09×06									
07								08×07	09×07	10×07								
08									09×08	10×08	11×08							
09										10×09	11×09	12×09						
10											11×10	12×10	13×10					
11												12×11	13×11	14×11				
12													13×12	14×12	15×12			
13														14×13	15×13	16×13		
14															15×14	16×14	17×14	
15																16×15	17×15	18×15
16	01×16																17×16	18×16
17	01×17	02×17																18×17
18	01×18	02×18	03×18															

♂ = genitor masculino; ♀ = genitor feminino;

Os números de 01 a 18 representam os híbridos da geração F<sub>1</sub> que foram utilizados como genitores para a obtenção de híbridos da geração F<sub>2</sub>.

O símbolo x entre números representa o híbrido ou combinação híbrida.

Os efeitos da capacidade combinatória foram estimados a partir do modelo genético-estatístico para a Análise Dialélica de Kempthorne e Curnow (1961) e descrito por Cruz e Regazzi (1994):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = média da observação associada à combinação híbrida  $ij$  ( $i \neq j$ ) ou ao  $i$ -ésimo genitor ( $i = j$ );

$\mu$  = média geral;

$g_i$  e  $g_j$  = efeitos da capacidade geral de combinação associados ao  $i$  e  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação entre o  $i$  e  $j$ -ésimo genitor; e

$\bar{\varepsilon}_{ij}$  = erro experimental médio.

As análises de dissimilaridade genética foram realizadas com o auxílio do software R (R Development Core Team, 2018) e a análise dialéctica para a obtenção das estimativas de capacidade geral e específica de combinação foram feitas utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

### 4.3 Resultados e Discussão

#### 4.3.1 Dissimilaridade genética entre genitores e híbridos F<sub>1</sub> de gerânios do gênero *Pelargonium*

A escolha dos genitores se deu devido ao contraste da coloração de suas flores, e durante a identificação botânica verificou-se que tais genótipos apresentam morfologias indicando que são híbridos interespecíficos.

O genitor P1 (Figura 4.1a) exibiu caule ereto, galhos herbáceos a lenhosos, lâmina foliar de 5 a 8 cm de largura, tão longa quanto larga, redonda a cordada, e com uma faixa adaxial moderadamente escura em forma de ferradura, resultado na chave de *Pelargonium zonale*. No entanto, a densidade das inflorescências, o formato uniforme das pétalas e cor branca da corola indica o acúmulo de caracteres de *P. × hortorum*, portanto, P1 não é um genótipo puro para *P. zonale*.

O genitor P2 (Figura 4.1b) foi caracterizado como subarbusto, lenhoso, com caule pubescente, ramificado, de filotaxia alterna, com estípulas protegendo a base foliar. Suas folhas são pecioladas, arredondadas, lobadas, peltadas, de base cordada com sobreposição dos lobos basais e margem crenada; são pubescentes em ambas as faces, com textura levemente aveludada, devido à presença de tricomas glandulares. A inflorescência foi caracterizada com 20 – 40 flores e variou de densa a aberta. Tais características indicam o híbrido *P. × hortorum*, pela chave utilizada, no entanto, esse genitor exibiu pétalas rosa-escuro a fúcsia, e na chave dicotômica, tons de rosa púrpura especificam *P. zonale*, já o tamanho das folhas e formatos das pétalas foram mais próximos de *P. inquinans*.

Segundo Vorster (2012) *P. x hortorum* é um híbrido entre *P. inquinans* e *P. zonale* e que depois de algumas gerações a partir da semente, as semelhanças com o *P. inquinans* aumentam. Em nosso estudo, o genitor P2 é *P. x hortorum*, mas com alta frequência de alelos da espécie *P. inquinans* indicando não ser um híbrido F<sub>1</sub>. Logo, está em uma geração mais avançada e já vem sendo propagado vegetativamente na região em que o germoplasma foi coletado.

Pela análise de variância, evidenciaram-se diferenças significativas entre os 20 genótipos (2 genitores e 18 híbridos F<sub>1</sub>) para todos os descritores quantitativos, o que indica presença de variabilidade entre os mesmos (Tabela 4.1 e 4.2) e a possibilidade de seleção de indivíduos superiores. Os coeficientes de variação experimental (CV) variaram de 2,1% (NDF) a 19,6% (NFI) (Tabela 4.1), são considerados baixos, indicando boa precisão experimental, e satisfatórios, uma vez que foram detectadas diferenças significativas (a 5% de probabilidade) entre os genótipos de gerânio.

**Tabela 4.1** - Estimativas dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (CV) obtidos na análise de variância de seis descritores quantitativos referentes a genótipos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, caracterizados em Ibiapina-CE, Brasil, 2022

F.V	G.L	QM					
		NDF	CLFol	LLFol	CPF	NFI	LDFlor
Genótipos	19	746,9*	1,52*	2,35*	3,05*	158,5*	0,27*
Resíduo	140	5,4	0,14	0,22	0,17	24,9	0,09
Total	159						
CV (%)		2,1	6,1	5,1	12,7	19,6	10,1

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – valores não significativos;

F.V – Fontes de Variação; G.L – Graus de liberdade; NDF - Número de dias para o florescimento; CLFol - Comprimento do limbo foliar; LLFol - Largura do limbo foliar; CPF - Comprimento do pedicelo floral; NFI - Número de flores abertas por inflorescência; LDFlor - Largura da flor.

**Tabela 4.2** - Estimativas dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (CV) obtidos na análise de variância de cinco descritores quantitativos referentes a genótipos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, caracterizados em Ibiapina-CE, Brasil, 2022

F.V	G.L	QM				
		CDP	ADP	LDP	AINF	DINF
Genótipos	19	14,13*	180,3*	397,4*	7,61*	18,13*
Resíduo	140	3,53	3,29	1,5	0,5	0,65
Total	159					
CV (%)		9,7	5,1	4,3	8,8	7,4

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – valores não significativos;

F.V – Fontes de Variação; G.L – Graus de liberdade; CDP - Comprimento do pedúnculo; ADP - Altura da planta; LDP - Diâmetro da planta; AINF - Altura da Inflorescência e DINF - Diâmetro da Inflorescência.

A variabilidade na geração em  $F_1$  observada ocorre devido ao sistema reprodutivo do gênero *Pelargonium* que exibe autoincompatibilidade citonuclear (BREMAN, 2021), em que tal mecanismo determina a alogamia.

Em alógamas, a variabilidade já ocorre em  $F_1$ , e no caso de *Pelargonium*, pode ser explorada nessa geração por meio de propagação vegetativa ou por meio da inclusão de tais híbridos em cruzamentos planejados, como ocorre em dialelos, visando a obtenção de população com maior número de segregantes e com a possibilidade de ocorrência de híbridos promissores para a capacidade geral de combinação (CGC) e/ou capacidade específica de combinação (CEC).

De acordo com os resultados obtidos pelo teste de agrupamento de médias de Scott & Knott (Tabela 4.3), os genótipos foram diferenciados em seis grupos em relação ao número de dias para o florescimento (NDF), sendo os genitores P1 e P2 os mais precoces (90 dias), no entanto, o NDF para os genótipos parentais foi considerado a partir do plantio das miniestacas até o florescimento da planta.

**Tabela 4.3** - Médias\* de 11 descritores quantitativos referentes a genótipos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, caracterizados em Ibiapina-CE, Brasil, 2022

Genótipos	NDF (dias)	CLFol (cm)	LLFol (cm)	CPF (cm)	NFI (unid.)	LDFlor (cm)	CDP (cm)	ADP (cm)	LDP (cm)	AINF (cm)	DINF (cm)
P1	90g	7,1a	8,6d	1,8e	26b	3,2a	18b	40b	40b	9b	13,3b
P2	90g	6c	9,7b	2,4d	26b	3,4a	23a	50a	55a	10a	15a
G1	105f	6c	9,3b	3,1b	25b	2,8b	18,7b	35d	25,3f	9b	11,8c
G2	105f	6,5b	9,7b	3,1b	23c	2,9b	19,5b	28f	28c	7,5d	12,4c
G3	106f	6,4b	9,4b	3,9a	23c	3,1b	22a	35,2d	25f	8,3c	12,2c
G4	106f	7,1a	10,3a	3,9a	25b	3b	21,2a	35,8d	28c	8,2c	12,2c
G5	107f	6,6b	9,9a	2,8c	24b	3,1b	20,5a	35,5d	28c	6,5e	10,3e
G6	108f	5,7c	9c	4a	36a	3,1b	21,3a	38,6c	25f	9b	11,3d
G7	110e	5,4d	8,9c	3,6b	23c	2,8b	19,3b	30e	25f	9b	11,3d
G8	112e	5,9c	9,7b	3,4b	30a	3,1b	19,4b	37,5c	26e	9,3b	10,3e
G9	112e	6c	9,8a	4,1a	19c	3,1b	18b	31e	25f	7,5d	9,7f
G10	114d	5,7c	8,7c	3,3b	33a	2,9b	19,5b	35,3d	25f	8,4c	10,3e
G11	115d	5,8c	9,6b	3c	27b	3,2a	19,4b	36,3d	26e	8,5c	11,3d
G12	115d	5,9c	9,6b	2e	19c	2,9b	18b	41,2b	25,3f	6,4e	9,5f
G13	116d	6c	10a	3,4b	32a	3,2a	19,7b	30e	28c	7,3d	10,8d
G14	118c	6c	10a	3,4b	22c	3,2a	20b	34,1d	26e	7,2d	8,8f
G15	119c	6,2c	9,3b	2,8b	21c	3b	18,5b	35,1d	27d	7e	9,4f
G16	120c	5,9c	9c	3,5b	26b	3,2a	18,5b	41b	27d	8d	9,7f
G17	122b	5,4d	8,3d	3,5b	27b	3,6a	21a	36,2d	26e	7,9d	9,8f
G18	130a	6c	8,8c	3,8a	26b	3,2a	18,9b	36d	26e	7,4d	10,5d

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo agrupamento de Scott-Knott.

Descritores: NDF - Número de dias para o florescimento; CLFol - Comprimento do limbo foliar; LLFol - Largura do limbo foliar; CPF - Comprimento do pedicelo floral; NFI - Número de flores abertas por inflorescência; LDFlor - Largura da flor; CDP - Comprimento do pedúnculo; ADP - Altura da planta; LDP - Diâmetro da planta; AINF - Altura da inflorescência; DINF - Diâmetro da inflorescência.

Ainda para o NDF, os 18 híbridos F<sub>1</sub> foram caracterizados contando-se os dias desde a sementeira até o florescimento, e cada um foi numerado de 1 a 18, na ordem da floração. Entre os híbridos, os mais precoces foram os de número G1 a G6 (de 105 a 108 dias para a florescimento) e o mais tardio o genótipo de número 18, com 130 dias.

A Isla Sementes (2022) comercializa sementes (sortidas) de gerânios *Pelargonium* com florescimento a partir de 90 dias. Já a Cooperativa Veiling Holambra (2023), que elabora os critérios de qualidade para a comercialização de plantas ornamentais para o Instituto Brasileiro de Floricultura, não define um padrão para o ciclo de gerânios, visto que muitos produtores podem obter plantas a partir da propagação vegetativa ou pelo plantio de sementes híbridas sortidas.

Foram formados quatro grupos para o comprimento da folha (CLFol), cujos comprimentos dos limbos foliares variam de 5,4 cm (G17) a 7,1 cm (P1 e G4). Para a largura da folha (LLFol) também foram formados quatro grupos, com a largura dos limbos foliares variando de 8,3 cm (G17) a valores médios próximos de 10 cm no grupo a (G4, G5, G13 e G14) (Tabela 5.3).

Para o descritor comprimento do pedicelo floral (CPF) foram formados cinco grupos, em que os genótipos P1 e G12 exibiram a menor média para comprimento do pedicelo floral (1,8 e 2 cm, respectivamente) e os maiores valores médios (3,8 a 4,1 cm) ocorreram nos genótipos de número 3, 4, 9 e 18.

Para o número de flores por inflorescência (NFI), os genótipos foram diferenciados em três grupos, em que G9 e G12, no grupo c, exibiram uma média de 19 flores por inflorescência, enquanto que no grupo a, os genótipos G6, G8, G10 e G13 apresentaram de 30 a 36 flores por inflorescência. Vorster (2012) relata a presença de 20 a 40 flores por inflorescência em *P. x hortorum*, 5 a 30 flores para *P. inquinans*, 5 a 70 flores para *P. zonale*.

De acordo com a empresa grega, especialista no comércio de gerânios, *Pelargonium species world Seeds*® (2023), o número mínimo de flores abertas por inflorescência é de 5 para *P. inquinans*, mas dentro do grupo de *Pelargonium* de maior importância comercial (*Pelargonium zonale* Group; *Pelargonium zonale* hort.; *Pelargonium x hortorum* L. H. Bailey), o número de flores pode chegar a 50 quando a inflorescência está totalmente aberta.

Em relação a largura da flor (LDFlor), houve a distribuição dos genótipos em dois grupos, com a largura variando de 2,8 cm (G1 e G7) a 3,7 cm (G17). Durante a avaliação verificou-se que a largura da flor na geração F<sub>1</sub> não apresentou grande contribuição para a variabilidade genética dos híbridos. No entanto, foi similar ao LDFlor de 2 a 4 cm dos híbridos interespecíficos de *Pelargonium zonale* e *Pelargonium tongaense* obtidos por Esenalieva e Arnold (2012).

Os genótipos também foram diferenciados em dois grupos para o descritor comprimento do pedúnculo (CDP), em que as médias variaram de 18 cm (P1, G9 e G12) a 23 cm (P2). O comprimento do pedúnculo da inflorescência em gerânios pode ser indicado para seleção em duas direções, em que menores comprimentos são mais harmoniosos para plantas eretas ou de pequeno porte. Já pedúnculos maiores favorecem destaque da inflorescência em plantas de maior porte ou em variedades pendentes como em *P. peltatum*.

Os genótipos foram divididos em cinco grupos para ADP, o genitor P2 exibiu a maior média para a altura, 50 cm, enquanto que o híbrido F<sub>1</sub> G2 apresentou a menor média, 28 cm de altura.

Os híbridos F<sub>1</sub> G2, G7 e G13 estão de acordo com o padrão da Isla Sementes (2023), que recomenda altura de 15 a 30 cm para vasos (NP 14) ou saquinhos de mudas. Todos os genótipos estão de acordo com a altura recomendada pela Veiling Holambra (2023), em que os gerânios não devem ultrapassar 60 e 90 cm de altura, em vasos pequenos e grandes, respectivamente.

Para a largura da planta (LDP) foram formados seis grupos, onde os genitores se diferenciaram com as maiores médias nos dois primeiros grupos. P2 exibiu 55 cm para a média da largura de planta, se isolando no grupo a, enquanto que P1 exibiu média de 40 cm e se separou dos demais genótipos no grupo b. Já em relação a largura da planta nos híbridos F<sub>1</sub>, esta variou de 25 cm (G6, G7, G9 e G10, no grupo f) a 28 cm (G2, G4, G5 e G13, no grupo c).

No presente estudo, utilizando-se o mesmo tipo de vasos (tamanho 14), para o cultivo dos híbridos F<sub>1</sub>, a amplitude foi de 3 cm para LDP, confirmando padrão de variação muito próximo às cultivares comerciais disponíveis no mercado floricultor. Tinoco et al. (2011) avaliando a produção e qualidade de cultivares de gerânio (*Pelargonium × hortorum* L. H. Bailey) verificaram variações de 19,98 a 22,49 cm (amplitude de 2,54 cm) no diâmetro da planta em vasos tamanho 14 (Pote NP14).

Foram formados cinco grupos com base no descritor AINF, e dentre esses grupos a altura da inflorescência variou de 6,4 cm (G12) a 10 cm (P2). Para o descritor diâmetro da influência (DINF), foram seis grupos formados, e as médias variaram de 8,8 cm (G14) a 15 cm (P2).

A Cooperativa Veiling Holambra (2023) aponta critérios que sugerem maiores valores de LDP e DINF para gerânios vendidos em diferentes tipos e tamanhos de vasos. A cooperativa recomenda vasos com boa cobertura de folhagens e com flores ou inflorescências saudáveis e atrativas para tamanho, cor e formatos.

Os diferentes tamanhos de inflorescência das herbáceas floríferas garantem opções para diversos usos ornamentais, como inflorescências menores para a incorporação em buquês e arranjos, como ocorre com os cachos de rosas do tipo *spray* ou mini rosas (*Rosa* spp.) ou com panículas de flores ‘mosquitinho’ ou gipsófilas (*Gypsophila* spp.).

Já inflorescências maiores estão mais relacionadas para uso de plantas em vaso ou para decoração de ambientes, a exemplo, muitos consumidores de flores optam por grandes inflorescências em capítulo de asteráceas (família Asteraceae), como é o caso dos girassóis (*Helianthus annuus*); gérberras (*Gerbera jamesonii*) e dalias (*Dahlia* spp.). Cachos como ocorrem em boca-de-leão (*Antirrhinum majus*) e inflorescências cimosas umbeliformes como a das astromélias (*Alstroemeria* spp.) e dos gerânios (*Pelargonium* spp.) também são preferíveis de maiores tamanhos para uso em arranjos em decorações de ambientes internos ou em canteiros e jardineiras em ambientes externos.

As herbáceas floríferas são representadas por espécies de várias famílias botânicas (Begoniaceae, Geraniaceae, Asteraceae, Amaryllidaceae, entre outras) que apresentam valor ornamental devido à beleza das flores, e que na maioria das vezes contrasta com o verde das folhas (USP, 2017). Na floricultura, os caracteres qualitativos para flores, folhas, frutos e porte da planta são importantes, pois agregam valor ao produto, além de que novas cores, formatos e texturas em uma planta ornamental garante a novidade que é buscada constantemente pelo setor floricultor.

Os descritores morfológicos (qualitativos multicategóricos) possuem várias opções de classes para o caráter avaliado e para Sudré et al. (2006), a coleta desses descritores é prática, econômica e rápida, em comparação a descritores quantitativos ou marcadores moleculares, tornando-os alternativas viáveis para o estudo de bancos e coleções de germoplasma que possuem poucos recursos humanos e financeiros.

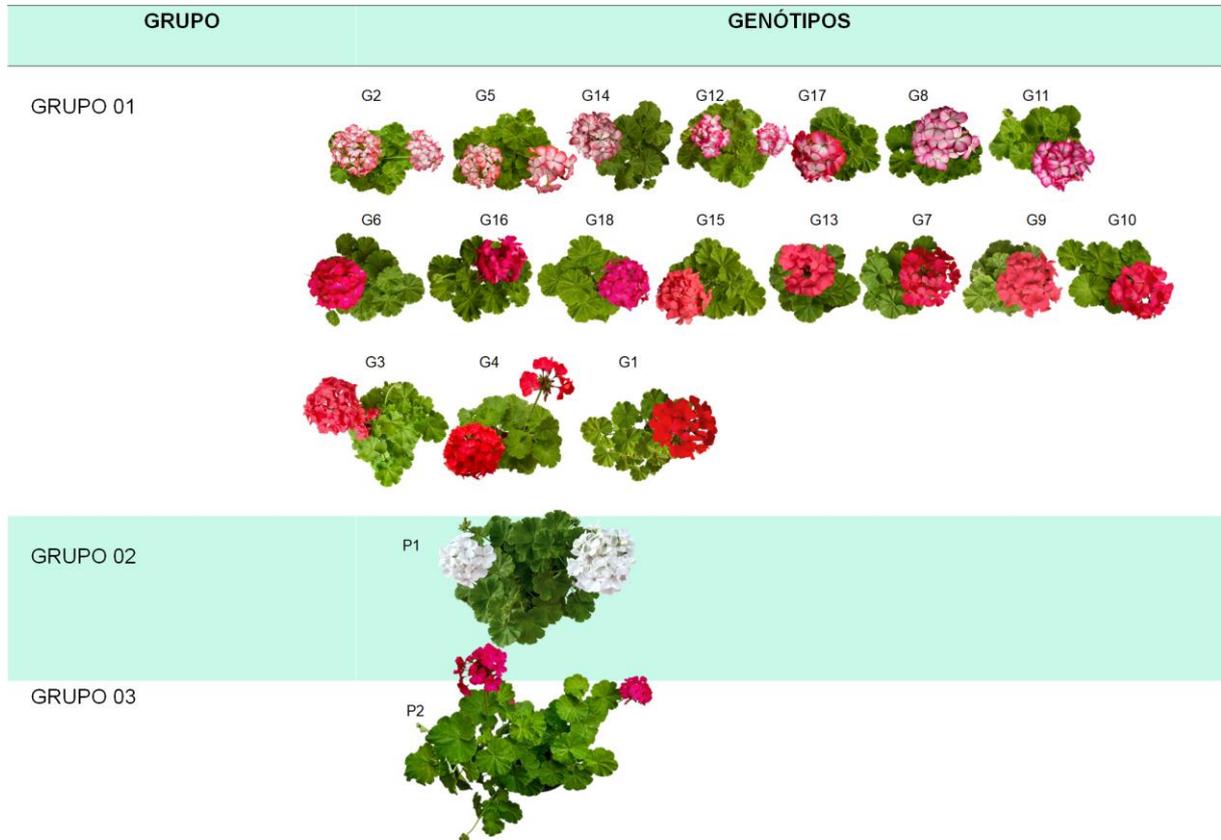
A caracterização morfológica permite identificar o potencial específico de acessos ou genótipos para uso em programas de melhoramento ou para estudos de diversidade genética (BABA et al. 2016).

Diversas ornamentais têm sido avaliadas com o uso de descritores qualitativos, para frutos como em pimentas ornamentais (NEITZKE et al., 2010; RÊGO et al., 2012; SILVA et al., 2015; COSTA et al., 2019); ou flores de corte como rosas (KIM et al., 2011); crisântemos (SHAO et al., 2010; DONG-JU et al., 2014) e gérberras (BENEMANN et al., 2014; BHATTARA; KAREEM; DENG, 2021). Tais descritores também têm sido utilizados na avaliação de diversas folhagens e em plantas tropicais como *Heliconia* spp. e *Caladium* spp. (GUIMARÃES et al., 2014; LOGES et al., 2016; CAO; DENG, 2020).

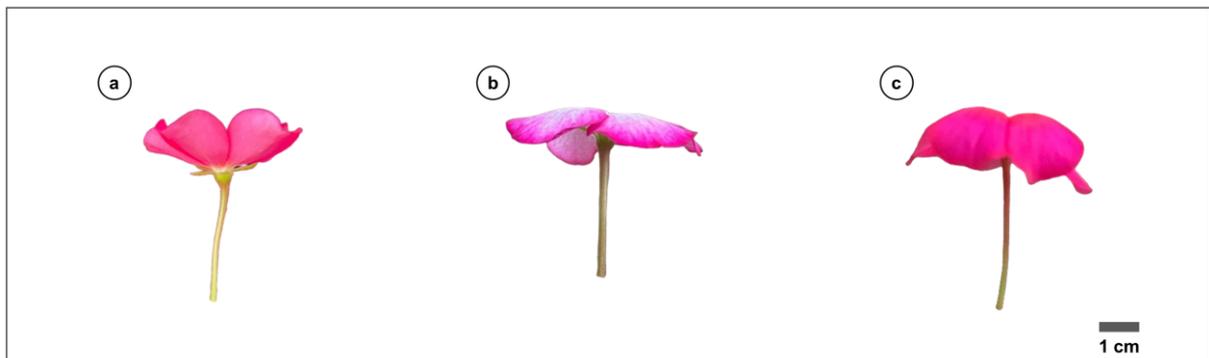
Pelo Método de Otimização de Tocher Sequencial foram formados três grupos, com base em 35 descritores qualitativos multicategóricos (Figura 4.2).

O grupo 01 foi composto pelos híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18), que se caracterizaram por exibir flores com diversas tonalidades e combinações de cores e com diferentes níveis de contraste nas pétalas superiores e inferiores, com destaque para as cores fúcsia, lavanda, ameixa, magenta, laranja, vermelho, e diferentes tons de rosa (rosa-claro, rosa-médio, rosa-escuro, rosa coral, rosa antigo e rosa *cotton*). Os híbridos apresentam, de alta a intensa densidade de flores por inflorescência (exceto G12, densidade intermediária). Flores com vista lateral, plana ou côncava, exceto G18, que exibiu vista lateral convexa (Figura 4.3).

**Figura 4.2** – Agrupamento de 20 genótipos (genitores e híbridos F1) de gerânios do gênero *Pelargonium*, estabelecidos pelo método de Tocher Sequencial, a partir da distância euclidiana, com base em 35 descritores qualitativos multicategóricos, com correlação cofenética = 0,69



**Figura 4.3** – Variabilidade genética para a vista lateral da flor de gerânios do gênero *Pelargonium*. (a) Côncava; (b) Plana; (c) Convexa



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os híbridos se diferenciaram no grupo 01 por apresentarem ainda, base da lâmina foliar variando de fechada a fortemente sobreposta e com zona de contraste pequena a intermediária. Ausência ou diferentes tonalidades de antocianina (fraca,

média e forte) no pedúnculo e pedicelo. Foi verificado inchaço no pedicelo em todas as flores que exibiam parte das pétalas com coloração branca (G2, G5, G8, G11, G12, G14 e G17).

Todos os tipos de relação entre o arranjo das pétalas superiores e inferiores foram verificados na geração F<sub>1</sub> (pétalas livres, encostadas e levemente sobrepostas), bem como todos os tipos de curvatura de sépalas (ausente ou leve, moderada e intensa).

O grupo 02 foi constituído apenas pelo genitor P1, que exibiu flores brancas, ausência antocianina no pedicelo e pedúnculo. A base da lâmina foliar é fechada e com zona de contraste (formato de ferradura) de tamanho médio, localizada no meio da folha e com intensidade média de coloração.

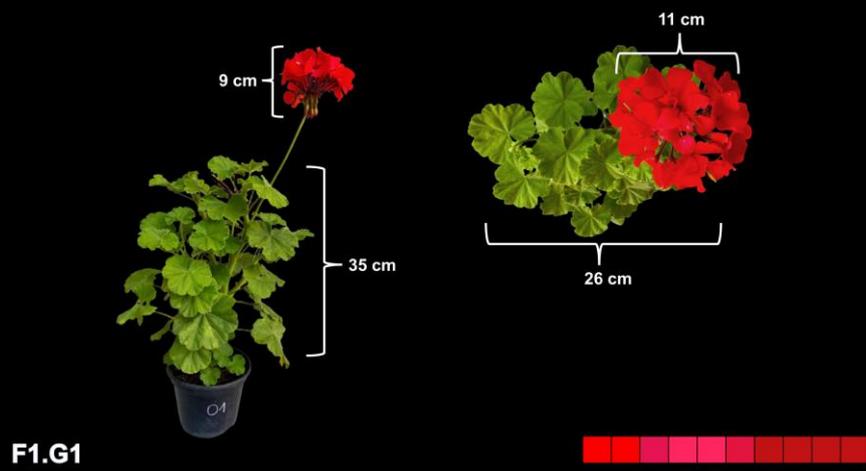
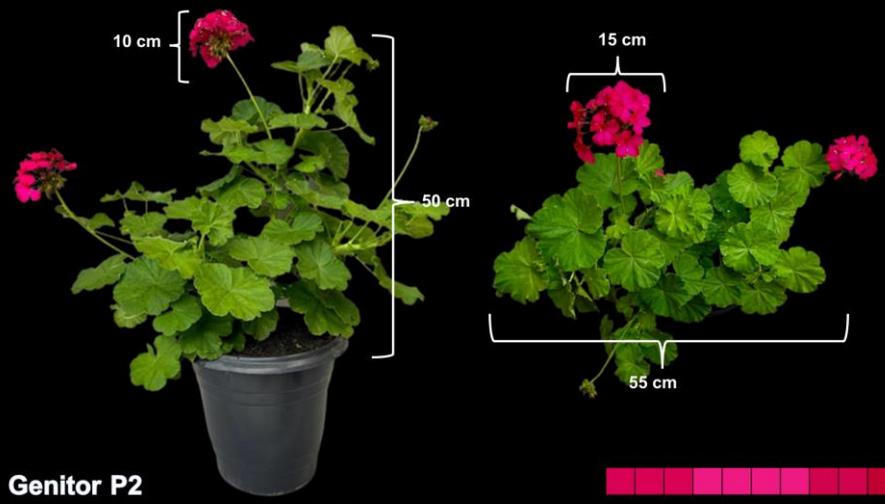
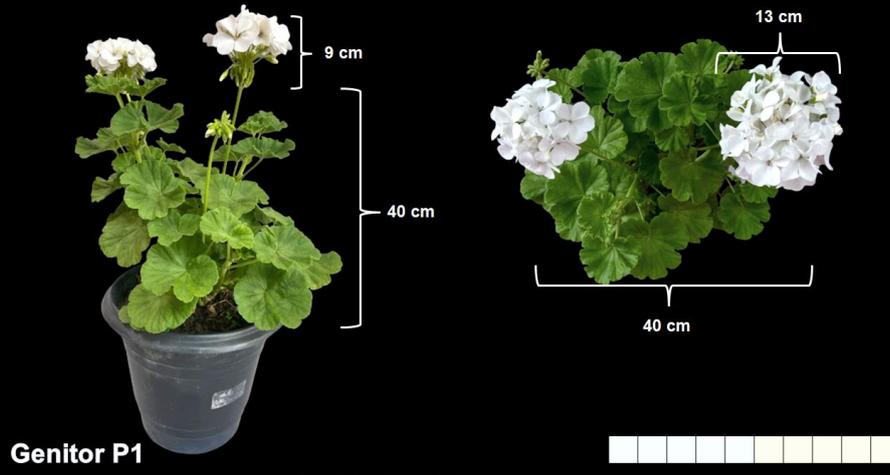
O genitor P1 ainda possui tumefação no pedicelo; pétalas superiores e inferiores encostadas e com vista lateral plana; ausência de antocianina e de curvatura nas sépalas. Caracteriza-se por densidade intermediária de flores por inflorescência.

O grupo 03 englobou apenas o genitor P2, com flores rosa escuro à fúcsia e com nuances de laranja (*RHS Colours* N25B) na região mediana das pétalas superiores, o que gera médio contraste entre as cores na corola. As flores possuem um arranjo de pétalas superiores e inferiores livres e com vista lateral côncava.

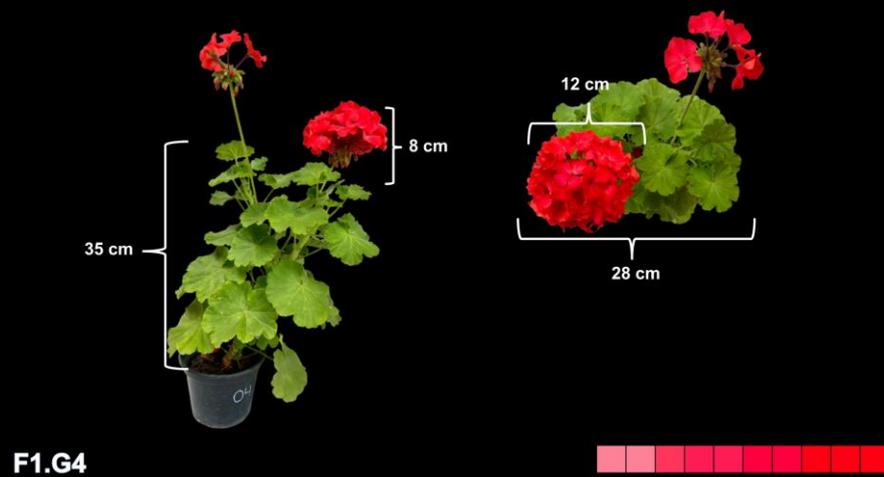
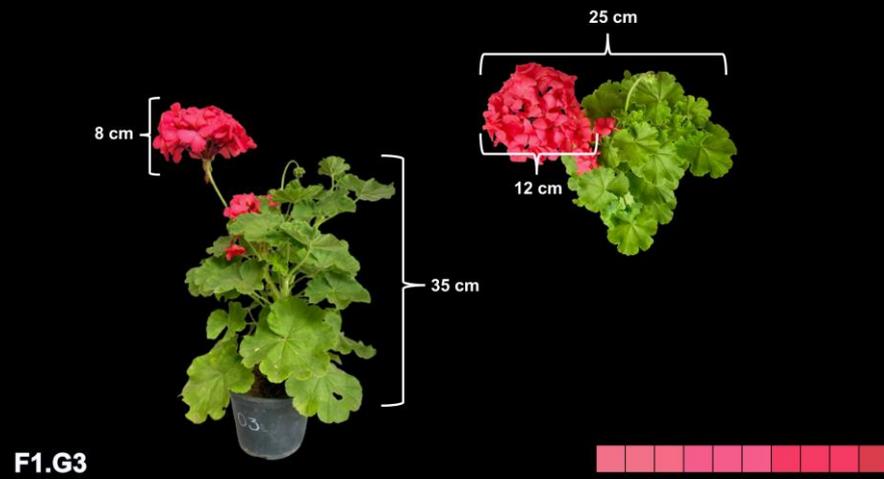
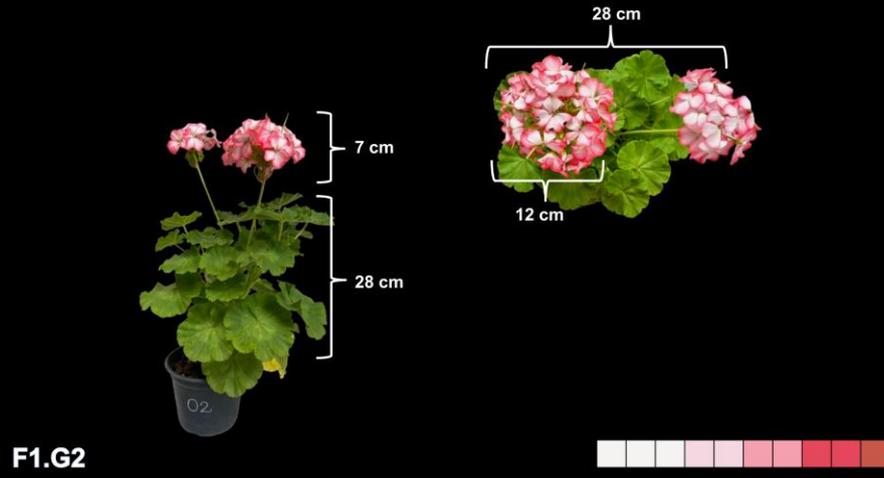
O genitor P2 ainda se caracteriza por alta densidade de flores por inflorescência; presença de antocianina no pedúnculo; base da lâmina foliar levemente sobreposta, sem zona de contraste e sem inchaço no pedicelo floral. As sépalas possuem antocianina e curvatura moderada.

Os genitores (P1 e P2) e híbridos (G1 a G18) (Figura 4.4) apresentaram hábito de crescimento ereto, hastes verdes e sem antocianina nodal. As folhas possuem margens com ondulação intermediária, cor verde (variando do verde claro ao médio) e com zona de contraste verde escura e não possuem brilho e variação com outras cores. Flores singelas, de uma camada de pétalas, sem listras ou manchas irregularmente distribuídas. Pétalas superiores obtriangulares e com margem apical inteira e corola sem marcações ou pontuações coloridas

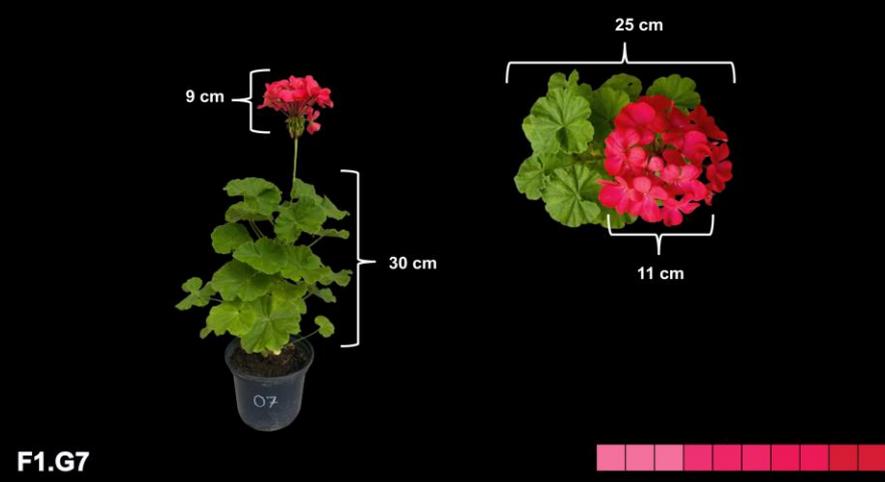
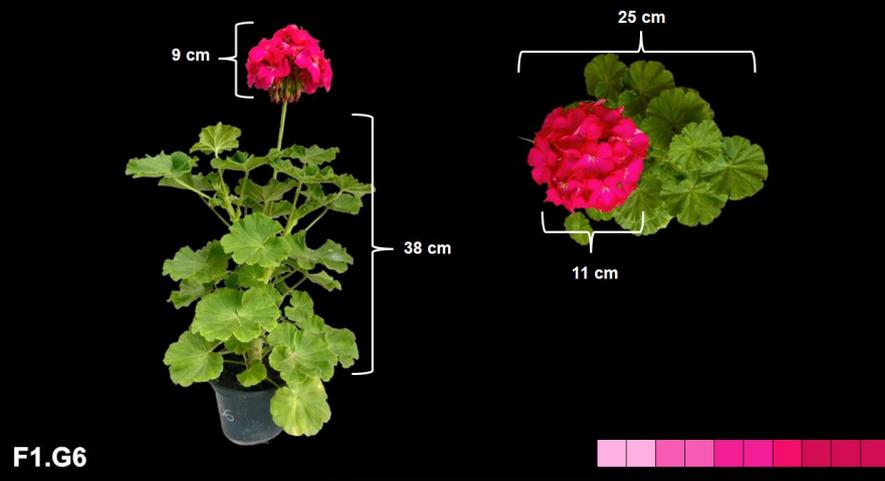
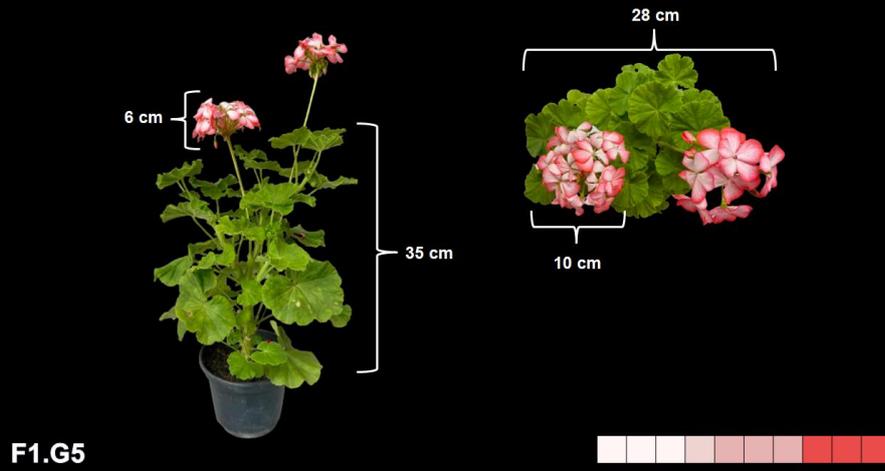
**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



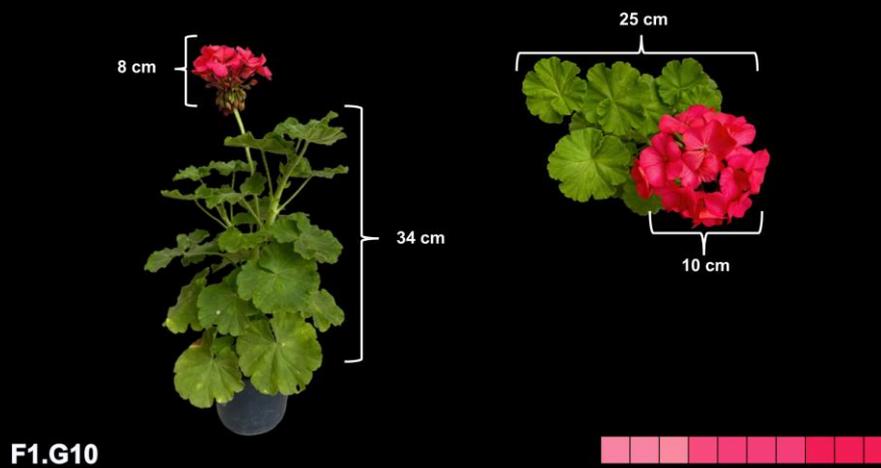
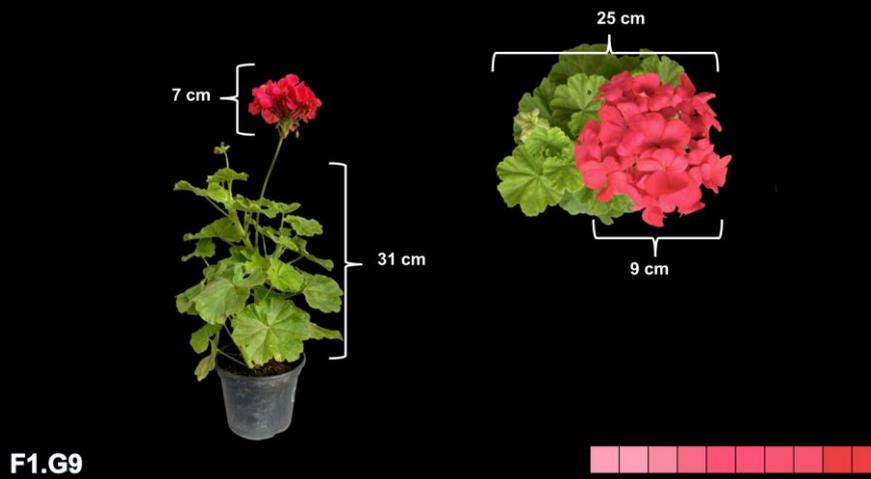
**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



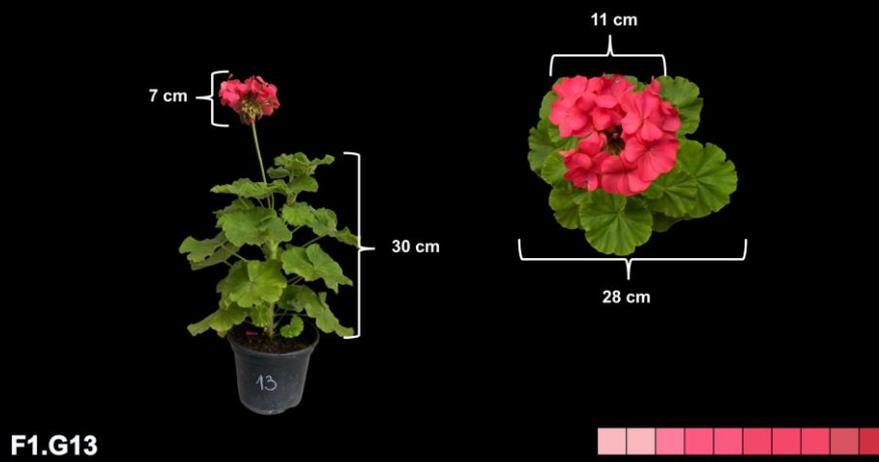
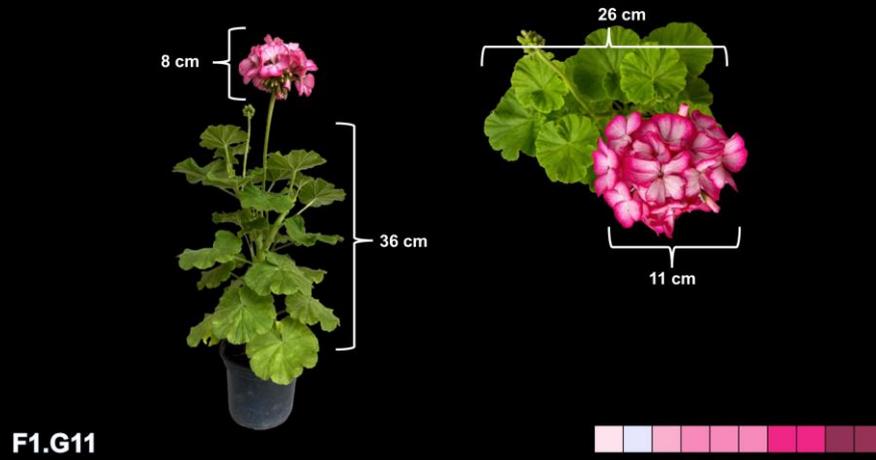
**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



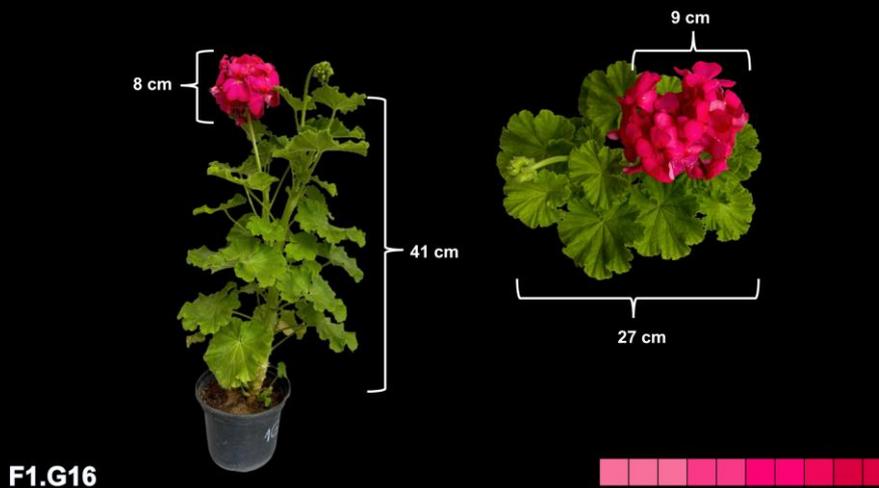
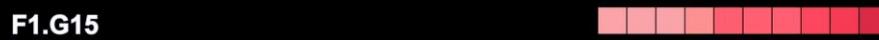
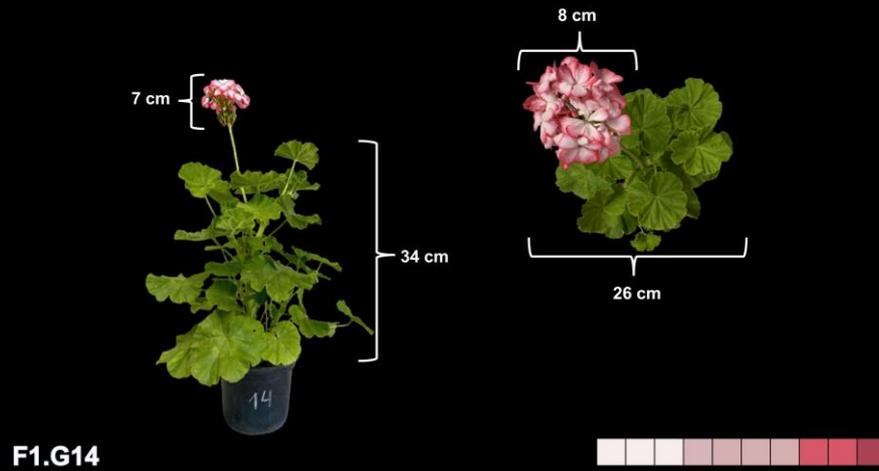
**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



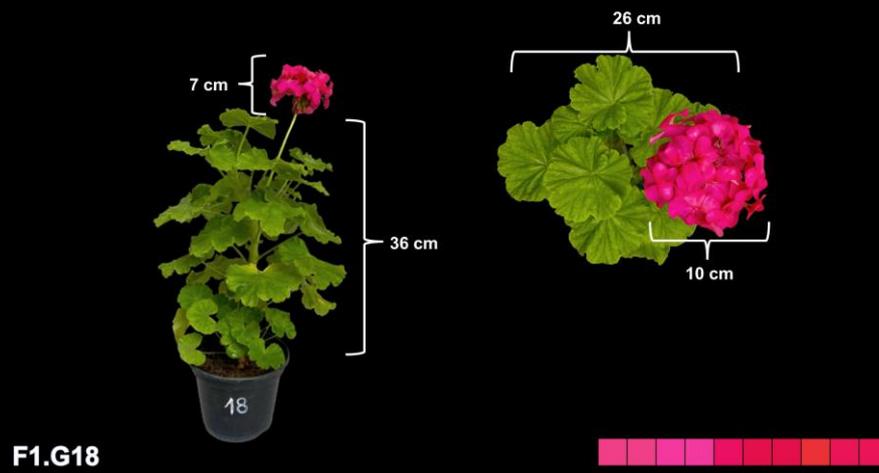
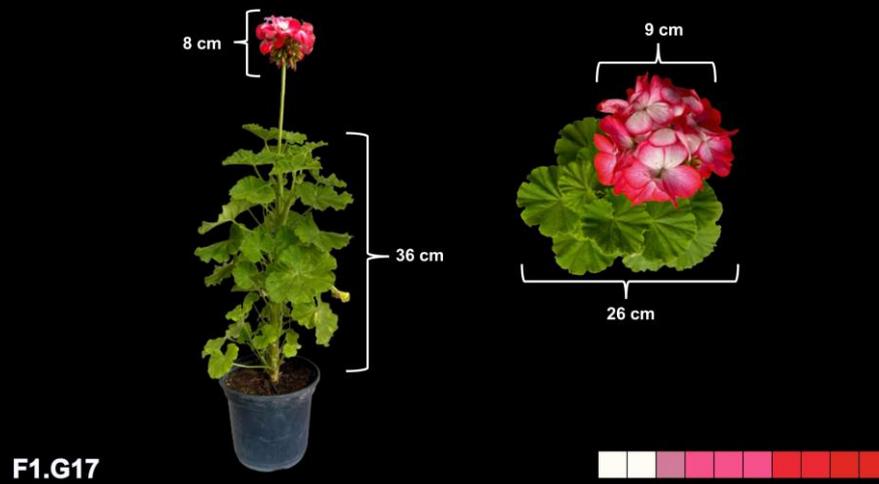
**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 4.4** - Variabilidade fenotípica observada nos genitores (P1 e P2) e híbridos F<sub>1</sub> (G1 a G18) de gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Conclusão).



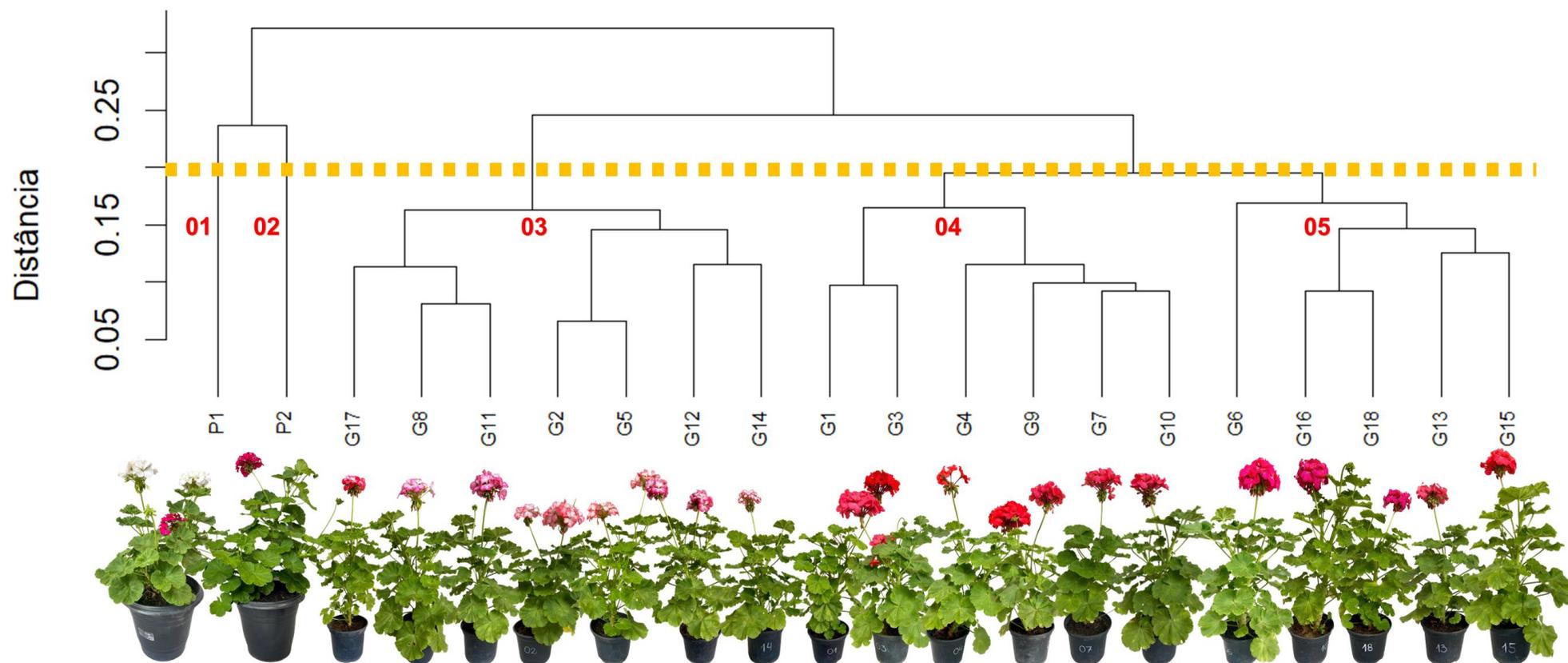
A variação entre e dentro dos acessos pode ser analisada por métodos específicos ou combinações de métodos, que incluem o uso de variáveis quantitativas e/ou qualitativas (BARBÉ et al., 2010). Vários métodos podem ser utilizados, dentre eles estão a análise por componentes principais, variáveis canônicas e métodos de agrupamentos hierárquicos como o dendrograma UPGMA.

A escolha do método depende da precisão desejada pelo pesquisador, da facilidade da análise e da forma como os dados são obtidos (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). As análises multivariadas possibilitam integrar a informação múltipla, pois consideram simultaneamente todas ou quase todas as características avaliadas em experimentos de caracterização e avaliação de germoplasma (AMARAL JÚNIOR, 1999).

No agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, utilizando a distância de Gower, a partir da combinação de variáveis quantitativas e qualitativas foram formados cinco grupos, considerando-se o corte próximo a 20% de distância genética (Figura 4.5).

Os grupos 01 e 02 separaram os genitores P1 e P2 de seus híbridos F<sub>1</sub>. Os genitores foram os mais precoces, com NDF de 90 dias, no entanto, isso pode ser explicado pela propagação vegetativa, uma vez que estes foram obtidos do enraizamento de miniestacas de 10 cm de comprimento, portanto, é justificável a precocidade quando comparados a genótipos que foram obtidos a partir da germinação de sementes. Os genitores também apresentam as maiores médias para altura e largura de planta e inflorescência.

**Figura 4.5** - Dendrograma obtido a partir da análise combinada de descritores quantitativos e qualitativos em 20 genótipos (genitores e híbridos F1) de gerânios do gênero *Pelargonium*, por meio da distância generalizada de Gower e do método de agrupamento UPGMA. Corte a 20% formando cinco grupos e coeficiente de correlação cofenética ( $r$ ) = 0,89



O genitor P1 se isolou no grupo 01 devido aos maiores valores de comprimento da lâmina foliar e menor média para o comprimento do pedicelo floral (1,8 cm). Os descritores qualitativos que tiveram maior influência na discriminação desse genótipo foram: a cor branca da corola; a presença de zona de contraste média nas folhas e a ausência de antocianina nos pedúnculos, pedicelos e sépalas.

O genitor P2 se alocou no grupo 02 por influência de diversos caracteres quantitativos, destacando o comprimento do pedúnculo, com média de 23 cm. Os descritores qualitativos que mais contribuíram para o isolamento de P2 foram: flores de coloração rosa escuro à fúcsia; alta densidade de flores por inflorescência; presença de antocianina no pedúnculo; base da lâmina foliar levemente sobreposta e sem zona de contraste nas folhas.

Os genótipos do grupo 03 exibiram características promissoras, principalmente para cor principal da flor (lavanda, ameixa, magenta, rosa coral) e para cores secundárias nas pétalas (branca, coral, laranja, rosa antigo). Se destacaram dos demais grupos por serem no mínimo bicolors, com inchaços no pedicelo, completa ausência ou leve pigmentação de antocianina no pedúnculo e pedicelo. O diâmetro da inflorescência separou os genótipos desse grupo por serem os de menores médias para tal descritor.

Entre os híbridos  $F_1$ , os genótipos do grupo 04 foram mais precoces para a floração, com cores de flor variando do rosa médio ao vermelho. O descritor quantitativo que mais contribuiu para a homogeneidade dentro do grupo foi o diâmetro da inflorescência, sendo os genótipos desse grupo os que exibiram maiores médias para o descritor. Para altura da inflorescência, os híbridos desse grupo exibiram valores intermediários (8,2 a 9 cm) em relação às médias dos demais grupos.

Os genótipos que se reuniram no grupo 05 foram os mais tardios e os que exibiram valores de intermediários a altos para as médias de altura e largura da planta, comprimento dos pedicelos florais e largura das flores. Entre os caracteres qualitativos, tons de rosa mais escuros separaram o grupo, sendo as cores: rosa coral, salmão, rosa escuro, fúcsia e magenta, as tonalidades predominantes das pétalas.

Os descritores qualitativos multicategóricos tiveram maior influência na divisão dos grupos no dendrograma UPGMA, o que reforça a importância da inclusão destes em caracterizações morfoagronômicas, principalmente para estudos de diversidade genética para esse gênero.

O agrupamento UPGMA, via Distância de Gower, foi mais eficiente (CCC=0,89) na formação de grupos (cinco grupos) que o Método de Tocher, via Distância Euclidiana, com apenas três grupos (CCC= 0,69).

Quanto maior o valor obtido para o coeficiente de correlação cofenética (CCC), menor será a distorção provocada pelo agrupamento. De acordo com Rohlf (1970), na prática, agrupamentos com CCC < 0,70 indicam a inadequação do método de agrupamento para resumir a informação do conjunto de dados.

Mesmo com CCC menor que do dendrograma UPGMA, o agrupamento pelo método de Tocher também mostrou que os genitores são contrastantes e que os híbridos apresentaram caracteres qualitativos de importância para o mercado floricultor e para o avanço em programa de melhoramento de espécies do gênero *Pelargonium*.

Em estudos com hibridação de gerânios, Kamlah et al. (2019) realizaram cruzamentos entre *Pelargonium acetosum* L'Hér. e *Pelargonium x peltatum* e obtiveram F<sub>1</sub> que exibiu dificuldade de germinação, folhas variegadas com flores rosadas variando do rosa claro à fúcsia.

Esenalievá e Arnold (2012) realizaram cruzamento entre *Pelargonium zonale* e *Pelargonium tongaense* e obtiveram híbridos F<sub>1</sub> com flores do rosa ao laranja e folhas palmatissectas. Breman et al. (2020) realizaram cruzamento entre *P. x hortorum* e *P. aridum* e obtiveram uma F<sub>1</sub> predominantemente de flores de cor branca.

Nesse estudo, os híbridos F<sub>1</sub> G8, G11 e G17 exibiram combinações de cores (branco, ameixa, rosa escuro e vermelho), que apresentam grande aceitação no comércio de flores. A cor mais incomum observada ocorreu nas bordas das pétalas do genótipo 11 que se enquadra na paleta do magenta da *RHS Colours* (código 61A) e próxima da cor ameixa (913) no catálogo de cores da Acrilex®, já pelo sistema RGB (150 50 85), os valores também indicam a cor ameixa para os tons mais escuros da corola de G11.

G8 e G17 são genótipos com flores bicolors com branco e rosa escuro e branco e vermelho, respectivamente. A combinação harmoniosa dessas cores nas corolas dos genótipos deve ser explorada a partir do avanço de gerações visando obtenção de cores novas ou incomuns no mercado floricultor.

#### 4.3.2 Análise dialélica da geração F<sub>2</sub> de gerânios do gênero *Pelargonium*

O resumo da análise de variância envolvendo os descritores: número de dias para o florescimento, comprimento do pedúnculo da inflorescência, altura da planta, diâmetro da inflorescência e número de flores por inflorescência, bem como as estimativas das médias dos quadrados dos efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) são apresentados na Tabela 4.4.

Houve diferenças significativas para todos os descritores avaliados, indicando a variabilidade dos híbridos da geração F<sub>2</sub> (tratamentos) para tais caracteres. Os efeitos dos híbridos do dialelo foram desdobrados em capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) (Tabela 4.4).

Foi verificado efeito significativo da CGC para todos os descritores avaliados, indicando que os 18 genitores diferiram entre si na formação de progênies superiores em gerânios. O que indica diferença na frequência de alelos favoráveis, existindo, portanto, genitores mais promissores para a formação de populações superiores (PFANN et al., 2009).

Também foi verificado efeito significativo para CEC. A capacidade específica de combinação representa o desvio de um determinado cruzamento para melhor ou pior, tomando por base a média da CGC dos genitores, resultante dos efeitos de dominância, epistasia e vários tipos de interações gênicas (SPRAGUE; TATUM, 1942).

Uma CEC significativa e com valores elevados é um indicativo de que populações geradas a partir determinados genitores poderão gerar híbridos mais heteróticos (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1988).

**Tabela 4.4** - Resumo da análise de variância de cinco descritores morfoagronômicos de gerânios do gênero *Pelargonium*, proveniente da avaliação de cruzamentos dialélicos circulantes entre 18 híbridos caracterizados em Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Número de dias para o florescimento (NDF)					
F.V	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	71	12939,0	182,24*	23,22	.
C.G.C	17	1371,1	80,65*	10,27	.
C.E.C	54	11567,9	214,22*	27,29	.
Resíduo	72	565,0	7,85		
Comprimento do pedúnculo (CDP)					
F.V	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	71	746,76	10,52*	2,54	0,0005
C.G.C	17	128,43	7,55*	1,82	0,0413
C.E.C	54	618,33	11,45*	2,76	0,0003
Resíduo	72	298,30	4,15		
Altura da planta (ADP)					
F.V	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	71	2773,0	39,05*	2,25	0,0004
C.G.C	17	606,4	35,67*	2,05	0,0182
C.E.C	54	2166,6	40,12*	2,32	0,0004
Resíduo	72	1247,5	17,32		
Diâmetro da inflorescência (DINF)					
F.V	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	71	137,55	1,93*	1,77	0,009
C.G.C	17	52,32	3,07*	2,81	0,002
C.E.C	54	82,23	1,57*	1,44	0,075
Resíduo	72				
Número de flores por inflorescência (NFI)					
F.V	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	71	26490,13	373,10*	7,12	.
C.G.C	17	7101,29	417,72*	7,96	.
C.E.C	54	1939,03	359,06*	6,85	.
Resíduo	72	3776,84	52,45		

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – valores não significativos;

F.V – Fontes de Variação; GL – Graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados; QM – quadrados médios; F – teste F; P – probabilidade; C.G.C – Capacidade geral de combinação; C.E.C – Capacidade específica de combinação.

#### 4.3.2.1 Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g<sub>i</sub>)

Os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de 18 genitores de gerânios do gênero *Pelargonium* para cinco descritores quantitativos de importância ornamental (número de dias para o florescimento; comprimento do pedúnculo; altura da planta, diâmetro da inflorescência e; número de flores por inflorescência) estão disponibilizados na tabela 4.5.

**Tabela 4.5** - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) para cinco descritores de 18 genitores de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, utilizados na análise dialélica circulante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Genitores	NDF	CDP	ADP	DINF	NFI
G1	-4,52	-0,73	0,27	0,52	- 0,4
G2	-2,02	0,56	-1,27	-0,07	-3,1
G3	-4,01	-0,19	-1,67	0,37	-1,4
G4	0,44	0,47	2,08	0,21	0,8
G5	1,20	-1,00	0,27	-0,57	-0,6
G6	-0,95	0,82	0,99	0,21	4,5
G7	-2,29	0,69	-1,44	0,57	2,0
G8	1,58	-0,65	-0,43	0,05	-0,4
G9	1,35	-0,47	-0,75	-0,12	-1,5
G10	1,57	-0,35	0,22	0,09	1,0
G11	0,62	-0,13	-0,39	0,32	0,6
G12	1,88	-1,11	0,62	-0,37	-6,0
G13	-0,56	0,27	-2,54	0,22	0,8
G14	0,88	-0,05	-0,27	-0,95	-0,9
G15	0,70	-0,03	-1,45	-0,27	1,3
G16	1,25	0,12	2,63	0,07	2,3
G17	0,69	1,03	1,35	-0,33	-1,1
G18	2,17	0,60	1,77	0,13	2,7

Descritores: NDF - Número de dias para o florescimento; CDP - Comprimento do pedúnculo; ADP - Altura da planta; DINF - Diâmetro da inflorescência. NFI - Número de flores abertas por inflorescência.

Em relação ao número de dias para o florescimento (NDF), os valores de CGC negativos são preferíveis, uma vez que o objetivo no melhoramento de diversas plantas ornamentais é a precocidade da floração. Os genótipos G1 (-4,52), G3 (-4,01) G7, (-2,29) e G2 (-2,02) apresentaram maiores valores absolutos para NDF (Tabela 4.5), significando que quando utilizados como genitores podem proporcionar redução de 2 a 4,5 dias no ciclo de suas progênes.

Para o comprimento do pedúnculo são indicados os genótipos com valores de CGC absolutos acima de 1 cm. Para redução do CDP, os genótipos G5 (-1,00) e G12 (-1,11) se destacam, enquanto que para aumento do CDP, o genótipo G17 (1,03) exibiu o melhor desempenho na obtenção de híbridos superiores para aumento do comprimento do pedúnculo das inflorescências de gerânios deste estudo.

A variabilidade do comprimento de pedúnculos ou hastes florais é fundamental na floricultura e paisagismo, visto que pequenas hastes garantem que plantas cultivadas em pequenos vasos exibam um aspecto mais compacto e harmonioso, enquanto que hastes maiores garantem um maior contraste entre flores e folhagens em uma planta cultivada em vasos de maiores tamanhos ou em jardins.

Para a altura da planta (ADP), as melhores estimativas de CGC foram dos genótipos G2 (-1,27), G7(-1,44), G15 (-1,45), G3 (-1,67) e G13 (-2,54) que apresentaram estimativas de valores negativos para  $g_i$ , sendo indicados para a inclusão em programa de melhoramento visando a redução do porte.

Um alto valor absoluto para  $g_i$  (efeitos da capacidade geral de combinação associados ao  $i$ -ésimo genitor), indica que a média dos híbridos em que o genitor  $i$  participa, difere muito da média geral do dialelo, indicando assim que o genitor  $i$  é melhor que os demais parentais incluídos no sistema de cruzamentos dialélicos (CRUZ et al., 2004).

Inúmeros estudos com o uso de ferramentas biotecnológicas, avaliações fitotécnicas e de melhoramento genético visam a redução do porte em diversas plantas ornamentais, e indicam que a redução do porte é requerida como critério de qualidade para a comercialização em vasos, como ocorrem em mini rosas (MUNGUÍA-ROSAS. et al., 2011; CARVALHO-ZANÃO et al., 2018); crisântemos (RAJAPAKSE; KELLY, 1992, EECKHAUT et al., 2020 ); gérberas (JAIN et al., 1998; LUDWIG et al., 2010); begônias (SILLMANN, 2022); mini kalanchoes (VEILING

HOLAMBRA, 2023) e pimentas ornamentais (XAVIER et al., 2006; COSTA et al., 2019).

Para aumento do diâmetro da inflorescência (DINF), os genótipos G1 (0,52) e G7 (0,57) contribuíram com o aumento de mais de 0,5 cm nas inflorescências de suas progênes (Tabela 4.5). Por outro lado, a maioria dos genótipos apresentou baixas estimativas de CGC, mostrando que não ocorrem grandes desvios das médias dos híbridos em relação ao desempenho médio de seus genitores. Diante disso, os genitores com baixo  $g_i$  só devem ser utilizados para o aumento do diâmetro da inflorescência se for verificada, em ambos os genitores de um cruzamento, médias elevadas para tal caráter.

Sprague e Tatum (1942) e Freire Filho (1988) concordam que baixos valores absolutos de CGC indicam genitores em combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos de um dialelo.

Para o número de flores por inflorescência (NFI), os genótipos G7 (2,0), G16 (2,3), G18 (2,7) e G6 (4,5) exibiram as melhores estimativas de CGC, significando que estes genótipos podem proporcionar ganhos superiores nos cruzamentos em que participarem, devido ao acúmulo de genes com efeitos aditivos favoráveis para aumentar a produção ou número de flores por inflorescências.

G7 exibiu estimativas de CGC favoráveis para todos os caracteres avaliados, em seguida, G13 que também exibiu bom desempenho para as estimativas de CGC, exceto para número de flores por inflorescência (NFI).

#### 4.3.2.2 Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $s_{ij}$ )

Para o número de dias para o florescimento (NDF), os valores negativos para CEC são preferíveis para o melhoramento de gerânios, pois possibilitam a obtenção de híbridos com precocidade de floração (Tabela 4.6).

Os híbridos mais promissores são provenientes das combinações: 02 × 18 com média de 122,5 dias para a floração ( $s_{ij} = -2,99$ ); 03 × 18 com média de 121 dias ( $s_{ij} = -2,51$ ); 17 × 16 com a menor média, 120 dias ( $s_{ij} = -6,77$ ); 18 × 16 com média de 131,5

dias ( $s_{ij} = -0,72$ ); 12 x 10 que exibiu média de 122 dias ( $s_{ij} = -6,79$ ) e 08 x 07 com valor médio de 124,5 dias para o florescimento ( $s_{ij} = -0,13$ ) (Tabela 4.6).

Em todas as combinações híbridas em que o genitor G18 esteve presente houve aumento da precocidade, no entanto, isso deve-se ao fato de que G18 exibiu a CGC menos favorável para a redução número de dias para a floração ( $s_{ij} = 2,17$ ), logo, a CGC do demais genitores atuou reduzindo a média dos híbridos desenvolvidos.

As combinações 12 x 10 e 17 x 16 exibiram os melhores comportamentos em relação aos valores estimados pela CGC, que indicava genitores com valores positivos que não contribuiriam adequadamente para a redução do ciclo. Para 12 x 10 e 17 x 16 a CEC mostrou que tais desvios indicam a existências de efeitos gênicos não-aditivos, tais como a dominância, sobredominância e epistasia.

A CEC está associada aos efeitos gênicos não-aditivos e que altos valores absolutos de  $s_{ij}$  demonstram que o comportamento de um híbrido em particular é relativamente melhor ou pior do que o esperado com base na CGC dos genitores (CRUZ et al., 2004). Assim, para a redução do ciclo em gerânios, valores de  $s_{ij}$  negativos mais elevados como ocorre em 12 x 10 e 17 x 16 podem antecipar a floração em até sete dias.

No setor floricultor, a precocidade da floração garante tanto a redução de gastos com manejo, quanto a disponibilização mais rápida para a comercialização das flores e plantas ornamentais. Em estudos de diversidade genética e de melhoramento genético, o descritor número de dias para o florescimento tem sido recomendado pelo *Bioversity Internacional*, antigo *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI, 1995), para a verificação de genótipos de ciclo precoce em diversas culturas agronomicamente importantes.

**Tabela 4.6** - Estimativas da capacidade específica de combinação (diagonal superior) e valores médios (diagonal inferior) do número de dias para o florescimento (NDF) de híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, obtidos a partir de análise dialélica circulante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Genitores	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18
<b>G1</b>		4,71	3,69	6,75												2,94	4,49	2,02
<b>G2</b>	123,5		7,18	8,25	8,47												8,99	-2,99
<b>G3</b>	120,5	126,5		8,73	7,47	0,12												-2,51
<b>G4</b>	128	132	130,5		6,02	4,17	8,51											
<b>G5</b>		133	130	133		9,39	4,25	7,87										
<b>G6</b>			120,5	129	135		5,89	10,1	3,27									
<b>G7</b>				132	128,5	128		-0,13	0,61	6,37								
<b>G8</b>					136	136	124,5		1,25	9,51	8,47							
<b>G9</b>						129	125	129,5		10,7	5,71	6,45						
<b>G10</b>							131	138	145		1,47	-6,79	3,65					
<b>G11</b>								136	133	129		8,17	0,11	3,17				
<b>G12</b>									135	122	136		3,84	11,4	7,08			
<b>G13</b>										130	125,5	130,5		0,85	0,52	9,47		
<b>G14</b>											130	139,5	126,5		2,09	3,55	1,11	
<b>G15</b>												135	126	128		7,71	0,77	-0,72
<b>G16</b>	125												135,5	131	135		-6,77	2,75
<b>G17</b>	126	133												128	127,5	120		4,81
<b>G18</b>	125	122,5	121												127,5	131,5	133	

Para o comprimento do pedúnculo (CDP) (Tabela 4.7), os híbridos obtidos a partir dos cruzamentos dialélicos podem ser selecionados para maiores valores absolutos, sejam os  $s_{ij}$  negativos ou  $s_{ij}$  positivos.

As médias iguais ou superiores a 19 cm para o comprimento do pedúnculo foram para combinações com  $s_{ij} > 1$  cm, os quais merecem destaque: 04 × 02 ( $\mu = 19$  cm;  $s_{ij} = 1,13$ ), 15 × 13 ( $\mu = 19$  cm;  $s_{ij} = 1,39$ ), 17 × 15 ( $\mu = 19,5$  cm;  $s_{ij} = 1,64$ ), 18 × 15 ( $\mu = 20,5$ ;  $s_{ij} = 3,07$ ).

Os genitores, exceto G15, apresentaram valores de  $g_i$  positivos (Tabela 4.5), no entanto, verificou-se baixos valores de CGC para todos os genótipos, indicando que o comprimento do pedúnculo ocorre devido interação alélica aditiva.

Médias menores que 13 cm (Tabela 4.7) foram verificadas nas combinações híbridas 07 × 05 ( $\mu = 12,5$ ;  $s_{ij} = -4,05$ ) e 15 × 12 ( $\mu = 9$  cm;  $s_{ij} = -6,73$ ) e concordam com os valores de  $g_i$  estimados para o CDP nos genitores G5 (-1,00) e G12 (-1,11) que estão inclusos em tais combinações. Tanto os valores de CGC e CEC permitem indicar que os cruzamentos envolvendo G5 e G12 favorecem a redução do comprimento das hastes dos híbridos de gerânios.

No melhoramento genético, o comprimento das hastes em flores de corte é direcionado para o aumento de alelos contribuintes, enquanto para flores de vaso, especialmente aquelas comercializadas em pequenos potes, a seleção segue na direção oposta, ou seja, objetivando-se a redução de alelos aditivos, dominantes ou sobredominantes que possam estar envolvidos no comprimento dos pedúnculos.

O Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2023) utiliza diversos critérios de qualidade para a comercialização de flores e plantas ornamentais que são elaborados pela Cooperativa Veiling Holambra (1989-Atual), dentre os quais, o maior tamanho da haste é recomendado para gérberas, crisântemos, lírios, lisiantos, rosas e diversas flores de corte.

A partir da consulta a catálogos, diretrizes de comercialização e critérios de qualidades dos produtos da Veiling Holambra (2023) e do conglomerado holandês de floristas *Royal FloraHolland* (2023) verificou-se que diversas ornamentais podem exibir hastes menores, o que garante um porte compacto às variedades comercializadas em potes, como ocorre na produção e comercialização de crisântemos de vaso e em roseiras do tipo pendente, trepadeira e mini.

**Tabela 4.7** - Estimativas da capacidade específica de combinação (diagonal superior) e valores médios (diagonal inferior) do comprimento do pedúnculo (CDP) de híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, obtidos a partir de análise dialélica circulante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Genitores	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18
<b>G1</b>		1,33	-0,17	-1,08												0,53	-3,13	1,29
<b>G2</b>	18		-2,71	1,13	-1,40												0,08	-1,50
<b>G3</b>	15,7	14,5		-2,11	-2,15	-1,72												-1,25
<b>G4</b>	15,5	19	15		1,19	0,38	-1,99											
<b>G5</b>		18,2	13,5	17,5		-1,16	-4,05	1,30										
<b>G6</b>			15,7	18,5	15,5		0,65	-2,52	-0,69									
<b>G7</b>				16	12,5	18,5		-0,39	0,42	-0,18								
<b>G8</b>					16,5	14,5	16,5		-0,23	-4,35	1,31							
<b>G9</b>						16,5	17,5	15,5		-2,03	-0,37	-0,27						
<b>G10</b>							17	11,5	14		2,02	-1,88	-0,27					
<b>G11</b>								17,5	16	18,5		-0,22	-1,35	-2,78				
<b>G12</b>									15	13,5	15,5		1,25	1,07	-6,73			
<b>G13</b>										16,5	15,8	17,2		-3,31	1,39	-0,97		
<b>G14</b>											14	16,8	13,8		-0,25	0,59	-2,83	
<b>G15</b>												9	19	16,6		-0,45	1,64	3,07
<b>G16</b>	16,8												16,2	17,5	16,5		0,02	-0,55
<b>G17</b>	14	18,5												15	19,5	18		-0,97
<b>G18</b>	18	16,5	16												20,5	17	17,5	

A redução da altura da planta é importante para a comercialização de gerânios em vasos pequenos. Assim valores negativos para  $s_{ij}$  são interessantes para a seleção de plantas de pequeno porte, em que as combinações em que houve a redução de pelos menos 4 cm são as mais adequadas (Tabela 4.8).

As melhores médias ( $\mu$ ) e combinações híbridas para a redução da altura da planta foram: 05 x 03 ( $\mu = 23,5$  cm;  $s_{ij} = -7,23$ ), 08 x 06 ( $\mu = 27$  cm,  $s_{ij} = -5,70$ ), 10 x 08 ( $\mu = 26$  cm;  $s_{ij} = -5,92$ ), 12 x 09 ( $\mu = 28$  cm;  $s_{ij} = -4,00$ ), 14 x 11 ( $\mu = 23$  cm;  $s_{ij} = -8,00$ ), 14 x 13 ( $\mu = 20,5$  cm;  $s_{ij} = -8,84$ ), 15 x 12 ( $\mu = 19$  cm;  $s_{ij} = -12,3$ ), 17 x 16 ( $\mu = 29,5$  cm ;  $s_{ij} = -6,62$ ) e 18 x 02 ( $\mu = 27,5$  cm;  $s_{ij} = -5,13$ ).

Os valores de  $g_i$  e  $g_j$  que representam as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) foram baixos (Tabela 4.5), no entanto, verificou-se que altos valores absolutos de  $s_{ij}$  (ou CEC) para o descritor altura da planta, indicando que é mais eficiente a obtenção de híbridos que manifestem heterose devido aos efeitos gênicos não-aditivos que podem estar envolvidos na altura da planta de gerânio.

Para plantas ornamentais e flores de vaso, a heterose negativa é desejada, principalmente para a diminuição da altura da planta. As combinações 14 x 11, 14 x 13 e 15 x 12 (Tabela 4.8) resultaram em híbridos com média inferior a 23 cm e com  $s_{ij}$  com valores que proporcionam a redução de 8 a 12,3 cm da altura da planta. Conseqüentemente, tais cruzamentos são indicados para a obtenção e seleção de híbridos de gerânios de menor porte para comercialização em vasos pequenos.

**Tabela 4.8** - Estimativas da capacidade específica de combinação (diagonal superior) e valores médios (diagonal inferior) da altura da planta (ADP) de híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, obtidos a partir de análise dialélica circulante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Genitores	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18
<b>G1</b>		1,37	-2,73	-1,47												-2,02	-3,73	3,85
<b>G2</b>	32,5		3,79	-1,95	-0,64												2,78	-5,13
<b>G3</b>	28	33		-1,55	-7,23	-2,46												-3,23
<b>G4</b>	33	31	31		4,52	1,80	-0,27											
<b>G5</b>		30,5	23,5	39		-0,39	-1,46	0,53										
<b>G6</b>			29	37	33		0,32	-5,70	-0,36									
<b>G7</b>				32,5	29,5	32		-3,27	3,07	-0,89								
<b>G8</b>					32,5	27	27		2,05	-5,92	0,68							
<b>G9</b>						32	33	33		-1,58	1,01	-4,00						
<b>G10</b>							30	26	30		3,05	0,04	3,20					
<b>G11</b>								32	32	35		-2,86	-3,20	-8,00				
<b>G12</b>									28	33	29,5		5,80	1,01	-12,3			
<b>G13</b>										33	26	36		-8,84	-1,64	-0,22		
<b>G14</b>											23	33,5	20,5		2,57	-1,00	7,77	
<b>G15</b>												19	26,5	33		-2,32	-1,03	2,56
<b>G16</b>	33												32	33,5	31		-6,62	-2,53
<b>G17</b>	30	35												41	31	29,5		-0,24
<b>G18</b>	38	27,5	29												35	34	35	

Para o diâmetro da inflorescência (DINF), em algumas combinações os ganhos foram acima de 1 cm para CEC (Tabela 4.9), em que as médias mais elevadas registradas foram de 11 a 12,5 cm.

As melhores combinações foram: 09 × 06 ( $\mu = 12$  cm;  $s_{ij} = 1,11$ ), 09 × 07 ( $\mu = 12,5$  cm;  $s_{ij} = 1,25$ ), 09 × 08 ( $\mu = 12$  cm;  $s_{ij} = 1,32$ ), 16 × 14 ( $\mu = 11$  cm;  $s_{ij} = 1,08$ ), 17 × 01 ( $\mu = 12$  cm;  $s_{ij} = 1,02$ ), 18 × 16 ( $\mu = 12,5$  cm,  $s_{ij} = 1,50$ ).

As estimativas de CEC apresentaram valores baixos para o diâmetro da inflorescência, e baixos valores de  $s_{ij}$ , indicando que os híbridos se comportam conforme o que foi estimado pela CGC dos seus genitores e que ocorre a predominância de efeitos aditivos, possivelmente epistáticos, porém do tipo aditivo x aditivo (GRIFFING, 1956).

Diante do verificado para o controle genético do diâmetro da inflorescência em gerânios do gênero *Pelargonium*, é possível recomendar que se o objetivo do programa de melhoramento é a obtenção de valores superiores para tal caráter, indica-se que sejam utilizados genitores com médias elevadas, a fim de garantir híbridos que manifestem uma maior quantidade de alelos aditivos e epistáticos favoráveis.

**Tabela 4.9** - Estimativas da capacidade específica de combinação (diagonal superior) e valores médios (diagonal inferior) do diâmetro da inflorescência (DINF) de híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, obtidos a partir de análise dialélica circulante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Genitores	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18
<b>G1</b>		-1,75	0,81	-0,03												0,09	1,02	0,55
<b>G2</b>	9,5		-1,09	0,07	-0,16												0,11	0,15
<b>G3</b>	12,5	10		-0,87	0,91	-0,39												-0,30
<b>G4</b>	11,5	11	10,5		0,07	-0,22	-0,59											
<b>G5</b>		10	11,5	10,5		-0,45	0,19	-0,24										
<b>G6</b>			11	11	10		0,41	-1,02	1,11									
<b>G7</b>				11	11	12		0,62	1,25	0,03								
<b>G8</b>					10	10	12		1,32	0,09	0,87							
<b>G9</b>						12	12,5	12		-0,27	-0,50	0,19						
<b>G10</b>							11,5	11	10,5		0,78	0,98	0,39					
<b>G11</b>								12	10,5	12		0,75	-0,85	-0,17				
<b>G12</b>									10,5	11,5	11,5		-0,15	-0,47	0,83			
<b>G13</b>										11,5	10,5	10,5		0,94	-0,25	0,40		
<b>G14</b>											10	9	11		0,43	1,08	-0,02	
<b>G15</b>												11	10,5	10		-0,12	0,30	0,34
<b>G16</b>	11,5												11,5	11	10,5		0,95	1,50
<b>G17</b>	12	10,5												9,5	10,5	11,5		-0,09
<b>G18</b>	12	11	11												11	12,5	10,5	

Em relação ao número de flores por inflorescência (NFI), inúmeras combinações híbridas resultaram em inflorescências com média superior a 40 flores e com  $s_{ij}$  com valores que indicam ganhos de 4 a 26,93 flores (Tabela 4.10).

Os cruzamentos mais promissores foram: 06 x 04 ( $\mu = 40,4$  flores;  $s_{ij} = 4,00$ ), 06 x 05 ( $\mu = 41,2$  flores;  $s_{ij} = 6,13$ ), 07 x 05 ( $\mu = 41$  flores;  $s_{ij} = 8,50$ ), 08 x 07 ( $\mu = 44$  flores;  $s_{ij} = 11,45$ ), 09 x 06 ( $\mu = 44,7$  flores;  $s_{ij} = 10,55$ ), 09 x 07 ( $\mu = 48,4$  flores,  $s_{ij} = 16,93$ ), 16 x 15 ( $\mu = 40$  flores;  $s_{ij} = 5,23$ ), 17 x 16 ( $\mu = 40$  flores;  $s_{ij} = 7,61$ ), 18 x 15 ( $\mu = 44$  flores;  $s_{ij} = 8,90$ ).

Os genitores G7 ( $g_i = 2,0$ ), G16 ( $g_i = 2,3$ ), G18 ( $g_i = 2,7$ ) e G6 ( $g_i = 4,5$ ) exibiram as melhores estimativas de CGC (Tabela 5.5) e que ao cruzar com genitores com  $g_j$  menores formaram combinações (CEC elevado) que foram favoráveis para elevar a média e ganhos heteróticos de flores por inflorescência.

Os altos valores para a CEC indicam que o número de flores por inflorescência apresenta um padrão de herança com interação não-aditiva, que pode ser do tipo dominante ou sobredominante.

A sobredominância pode ser observada com facilidade na maioria dos cruzamentos, porém, no cruzamento 09 x 07 que resultou em híbridos com uma média de 48,4 flores (Tabela 4.10), se compararmos com a média dos genitores, 21 flores (G7 = 23 flores e G9 = 19 flores) verificou-se que a média dos híbridos (09 x 07) extrapola totalmente o limite do desempenho médio de seus genitores.

Na interação alélica sobredominante, o desempenho do heterozigoto ou do híbrido ultrapassa o limite dos pais. Assim, quando a contribuição dos híbridos ( $d$ ) é maior que a contribuição dos genitores ( $a$ ) em relação à média,  $d > a$ , ocorre o fenômeno denominado de sobredominância (RAMALHO et al., 2012),

**Tabela 4.10** - Estimativas da capacidade específica de combinação (diagonal superior) e valores médios (diagonal inferior) do número de flores por inflorescência (NFI) de híbridos de gerânios do gênero *Pelargonium*, Geraniaceae, obtidos a partir de análise dialélica circulante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

Genitores	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18
<b>G1</b>		5,86	5,40	-0,32												5,68	-2,73	-2,46
<b>G2</b>	33,6		-1,31	2,28	-1,46												-5,93	5,33
<b>G3</b>	34,8	25,3		6,15	-5,88	2,75												3,65
<b>G4</b>	31,3	31,2	36,8		0,23	4,00	3,38											
<b>G5</b>		26	23,3	31,7		6,13	8,50	5,10										
<b>G6</b>			37	40,4	41,2		-9,39	-6,27	10,55									
<b>G7</b>				37,2	41	28		11,45	16,93	-6,52								
<b>G8</b>					35,4	29	44		-5,28	2,28	-3,42							
<b>G9</b>						44,7	48,4	24		-0,97	-0,27	-2,69						
<b>G10</b>							27,4	34	29,6		2,29	4,87	-1,91					
<b>G11</b>								28	30	35		1,51	3,24	6,46				
<b>G12</b>									28,8	31	27,3		-1,53	0,52	-2,18			
<b>G13</b>										31	35,9	24,5		6,53	3,39	-7,62		
<b>G14</b>											37,3	24,8	37,6		-3,55	5,94	-1,17	
<b>G15</b>												24,4	36,7	28		5,23	3,43	8,90
<b>G16</b>	38,8												26,7	38,5	40		7,61	3,22
<b>G17</b>	27	21												28	34,8	40		3,28
<b>G18</b>	31	36	36,1												44	39,3	36	

Dialelos circulantes têm sido utilizados com sucesso nas culturas de pepino (LALLA et al., 2010; LIMA; CARDOSO, 2012), capim-elefante (VIDAL et al., 2018) e principalmente em milho (VEIGA; FERREIRA, RAMALHO, 2000; PACHECO, 2003; FUZZATO, 2003, PFANN et al., 2009) que ao utilizarem esse tipo de dialelo verificaram híbridos e combinações superiores entre os genótipos estudados.

O uso de dialelos com número de cruzamentos reduzidos, como ocorre no dialelo circulante, tem sido recomendado quando há falta de recursos necessários para a implantação e condução dos ensaios ou ainda quando existe dificuldades de obtenção de um número adequado de sementes híbridas (MIRANDA FILHO; GERALDI, 1984).

Os dialelos circulantes possibilitaram realizar um número viável de cruzamentos entre gerânios *Pelargonium* e garantiram a verificação de genitores com boa capacidade de combinação e também mostrou combinações híbridas que favoreceram o entendimento das interações alélicas e ganhos genéticos nessa cultura, o que permitirá o avanço no programa de melhoramento genético dessa ornamental.

A caracterização morfológica baseada em descritores qualitativos multicategóricos mostrou ampla variabilidade genética na geração F<sub>2</sub>. A Figura 4.6, em formato de catálogo, destaca os híbridos mais representativos de cada cruzamento realizado no dialelo circulante, com respectivas medidas morfométricas e escalas de cores observadas nas pétalas.

Todos os híbridos possuem hábito de crescimento ereto e flor singela, com uma única camada de pétalas, sendo as pétalas superiores do tipo obtriangular e com margens inteiras ou emarginadas. Folhas com ondulações nas margens variando de leve a intermediária. Foi verificado todos os tipos de bases foliares na geração F<sub>2</sub>, sendo os fenótipos extremos presentes nos híbridos dos cruzamentos 06 × 05, base foliar aberta, e nos híbridos dos cruzamentos 02 × 18 e 08 × 05 com base foliar fortemente sobreposta (Figura 4.6).

A cor principal da folha foi verde médio ou escuro e a cor secundária variou de verde claro ao médio. A visibilidade da zona de contraste da folha, em formato de ferradura, variou de ausente a muito forte, e a posição dessa zona de contraste foi verificada no meio ou em direção à margem da folha. Antocianina foi ausente ou fraca

nos pedúnculos florais, e variando de ausente a forte nos pedicelos e sépalas. O inchaço do pedicelo ocorreu com maior frequência em híbridos com flores de pétalas brancas ou com base branca.

Ocorreram todos os fenótipos para a relação entre o arranjo de pétalas superiores e inferiores (livres, encostadas e levemente sobrepostas), bem como todos os tipos de contraste entre as cores das pétalas (ausente a forte contraste) e densidade das inflorescências de intermediárias a intensas.

Os descritores para o teste de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) que a UPOV recomenda para a avaliação da cor da flor de gerânios *Pelargonium* são: cor da margem nas pétalas superiores e nas pétalas inferiores; cor da região mediana nas pétalas superiores e nas inferiores e cor da base das pétalas. E para tais descritores verificou-se alta variabilidade de cores na corola e diversas combinações de cores em uma única pétala.

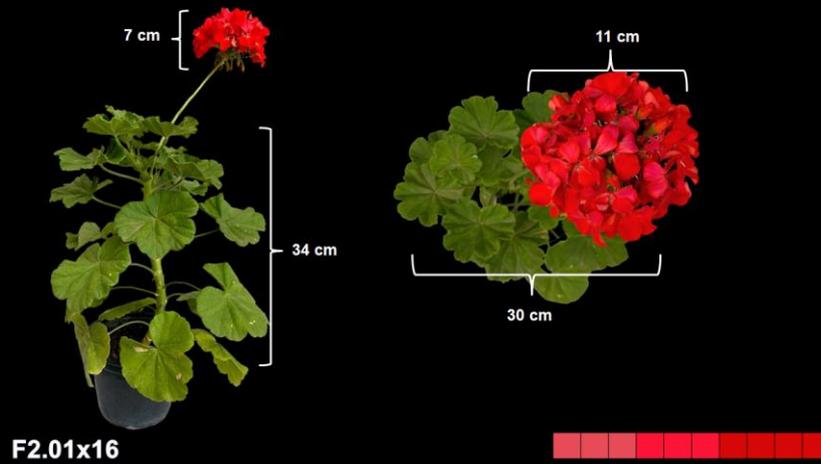
Variações de branco foram verificadas nas flores da maioria dos híbridos dos cruzamentos 07 × 05 e 08 × 05. Corolas brancas com margens estreitas de cor lavanda (*RHS* 84B) ocorreram em 02 × 18. Também se observou corola branca com margem roxa clara (*RHS* N78D) na progênie de 03 × 02 e branca com rosa pálido (*RHS* 65D) em 08 × 06.

No cruzamento 14x11 ocorreu híbridos com corola branca e lavanda e com nuances de azul pálido (*RHS* 108B). Combinações de branco, rosa e lavanda foram observadas nas pétalas dos F<sub>2</sub> de 09 × 08 e 10 × 08.

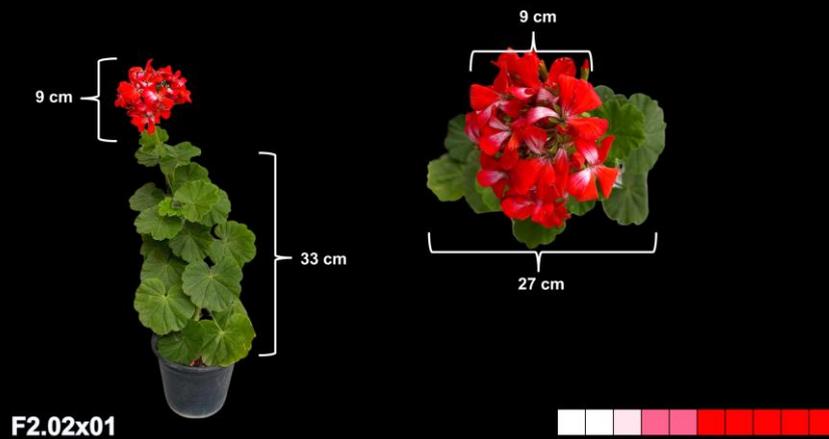
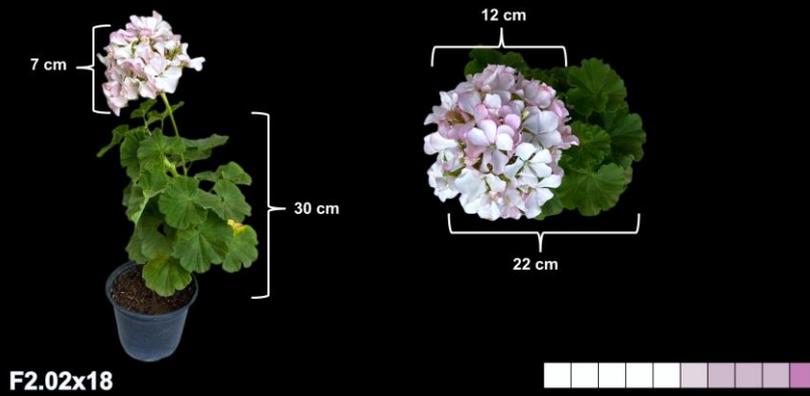
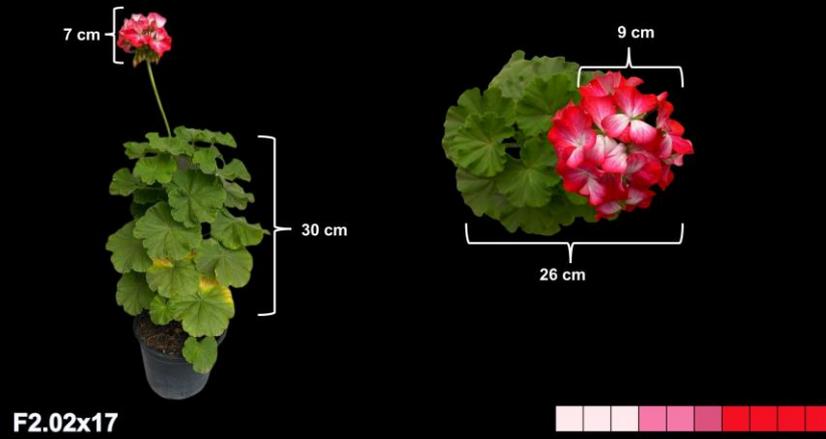
Flores grandes (com mais de 4 cm de diâmetro) com combinações de cores entre branca, lavanda e rosa escuro foram obtidas no cruzamento 12 × 11, e tais híbridos devem ser inclusos em programa de melhoramento genético.

Flores de cor lavanda com rosa predominaram em 05 × 03 ou o inverso em 08 × 07. Em alguns híbridos provenientes do cruzamento 06 × 03 flores foram caracterizadas com pétalas com um gradiente de cores de magenta claro (*Acrilex* 549 ou *RGB* 255/129/235), rosa (*RHS* 71D) e branco (Figura 4.6).

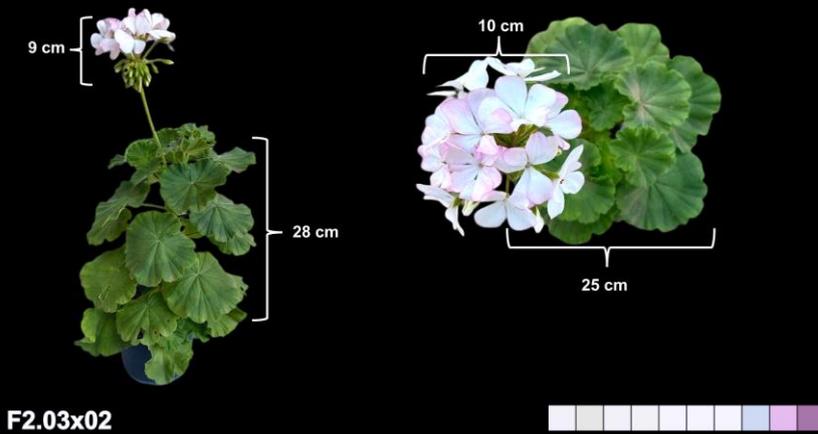
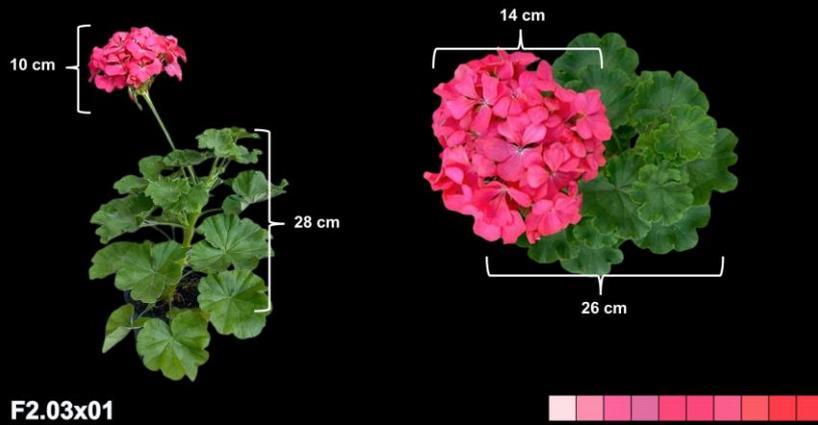
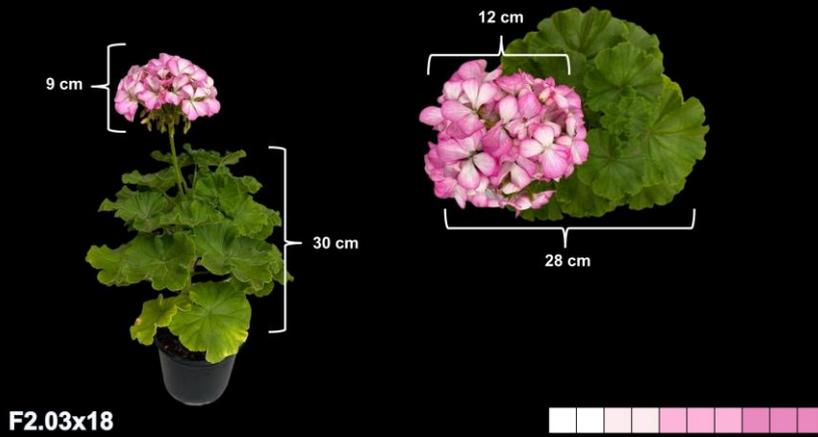
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



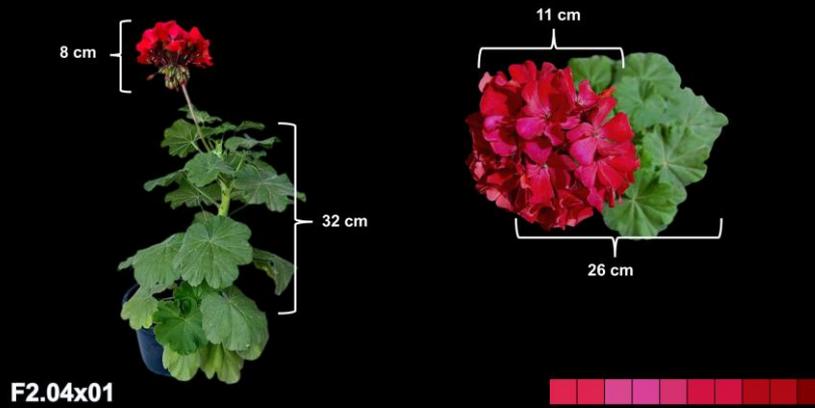
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



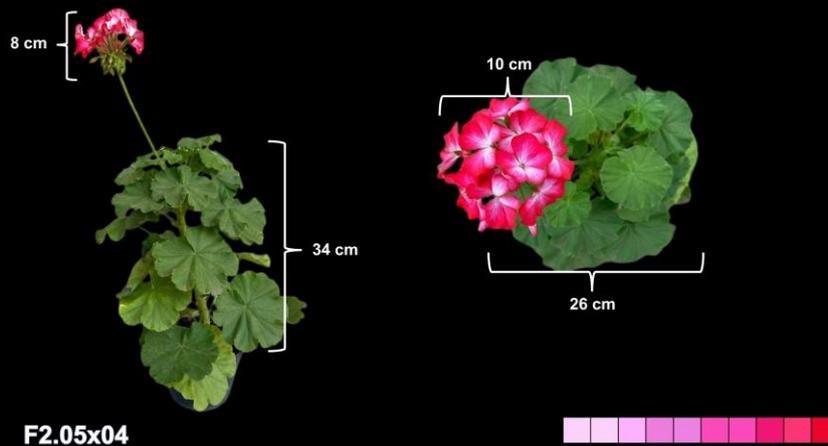
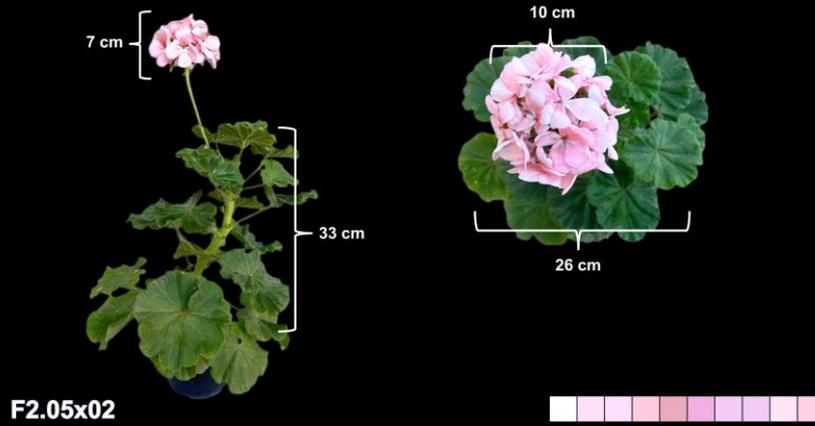
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



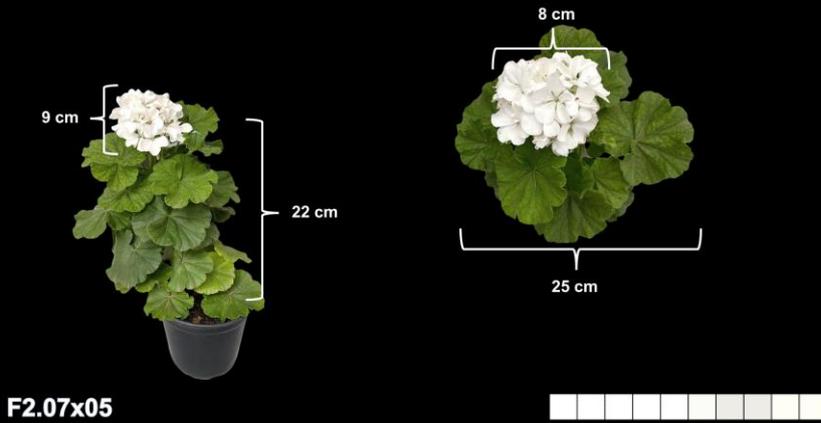
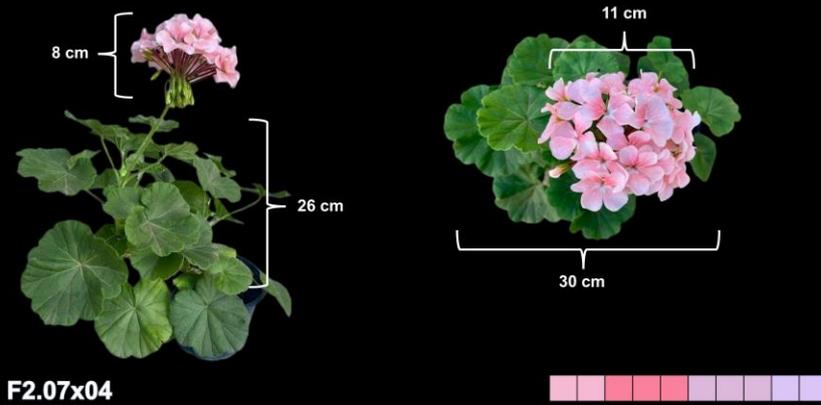
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



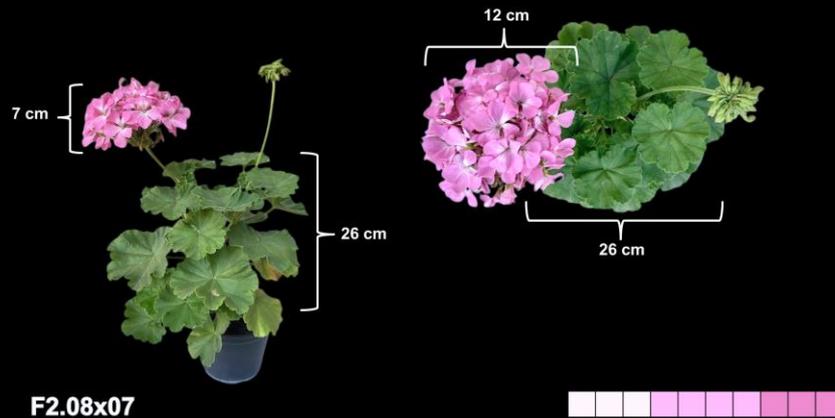
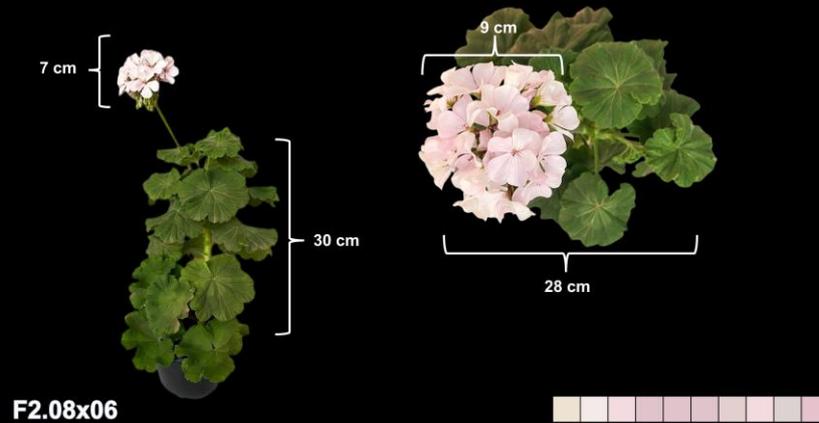
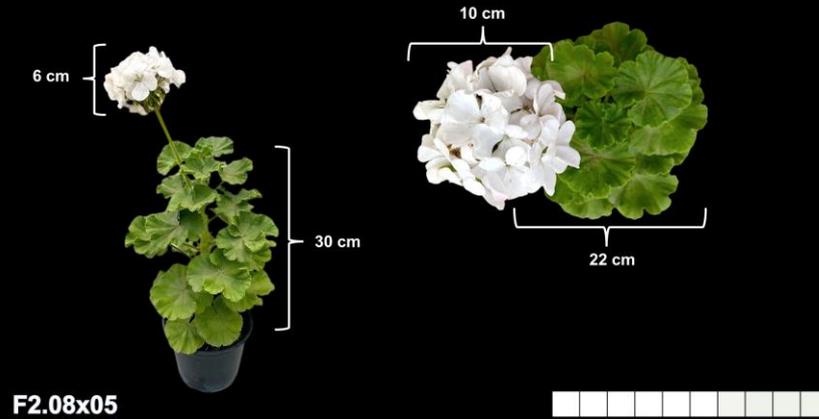
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



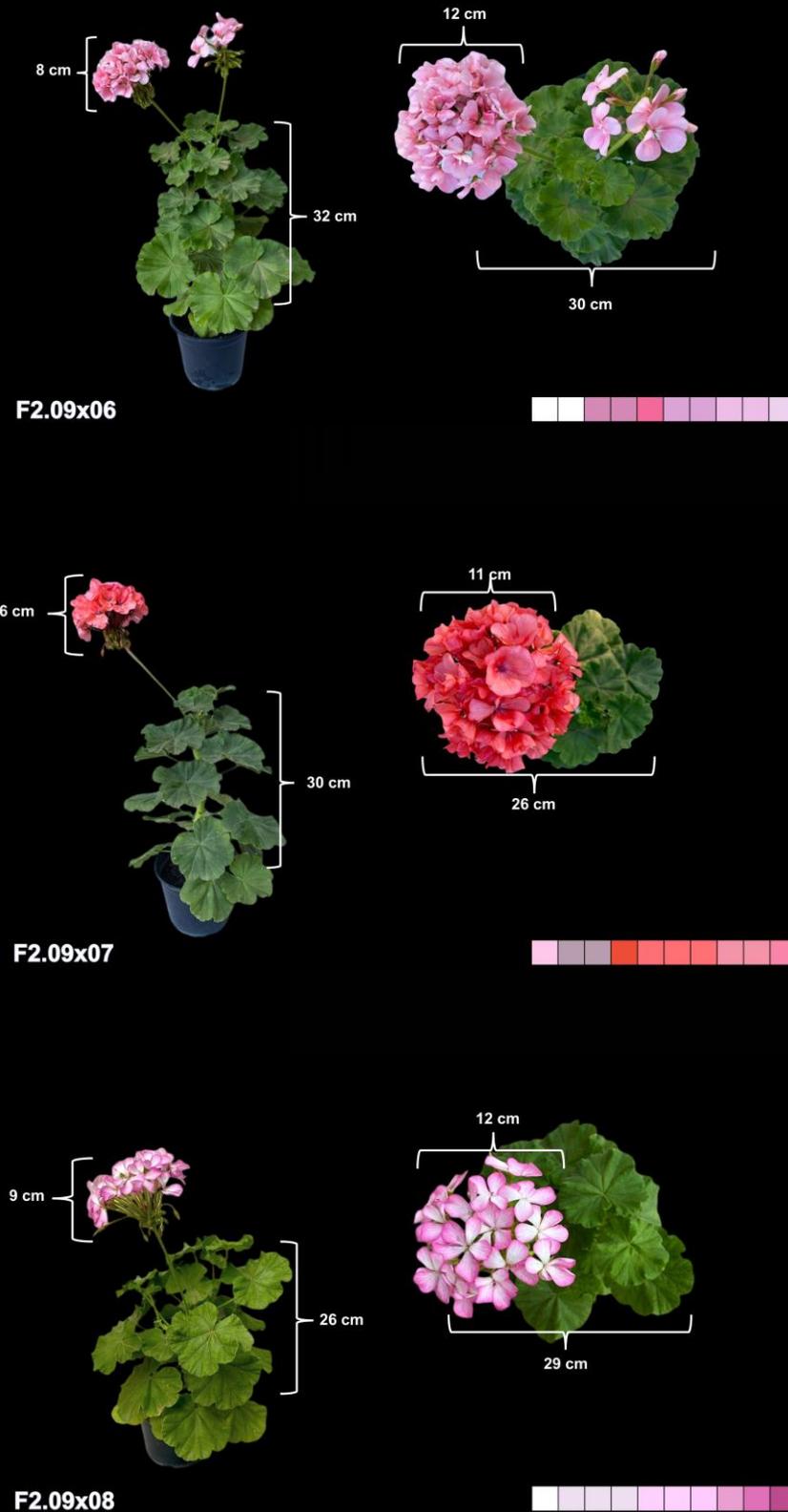
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



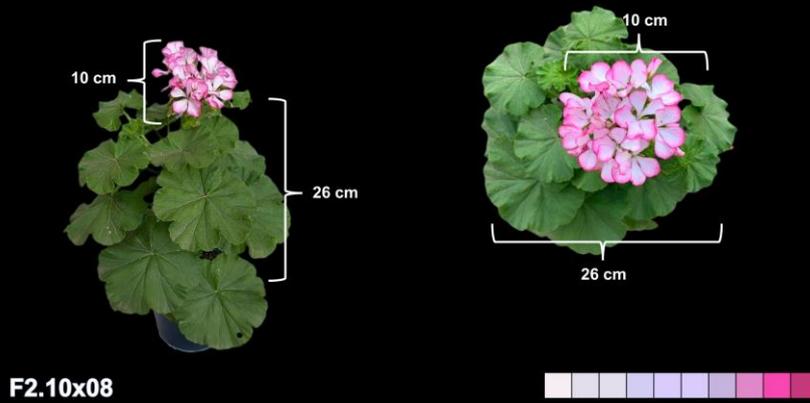
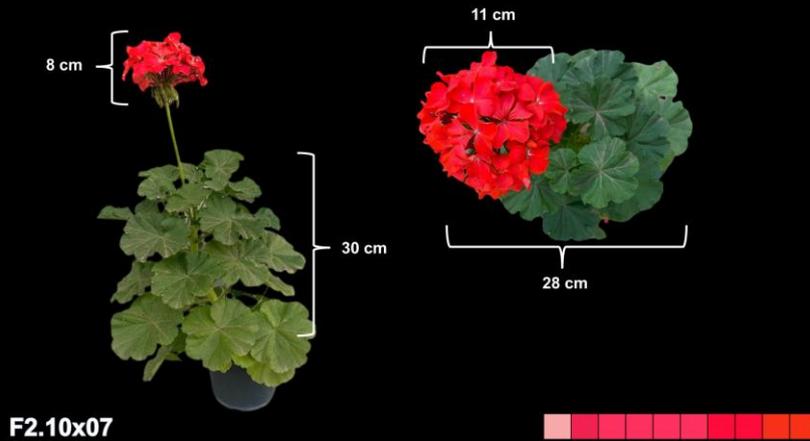
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



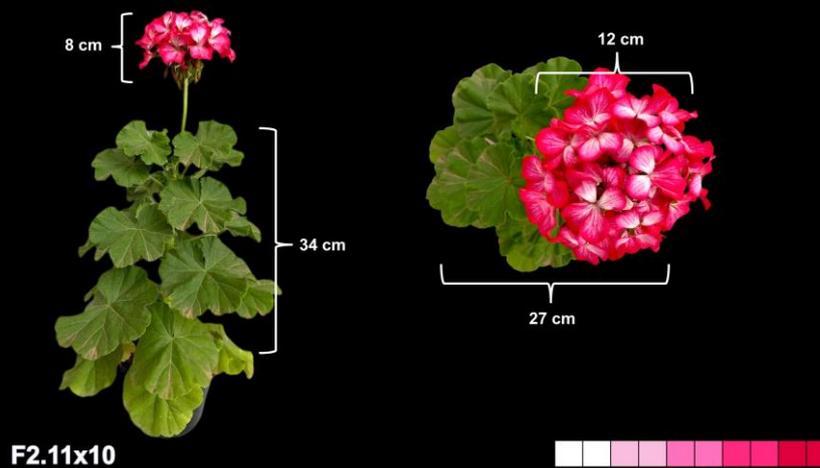
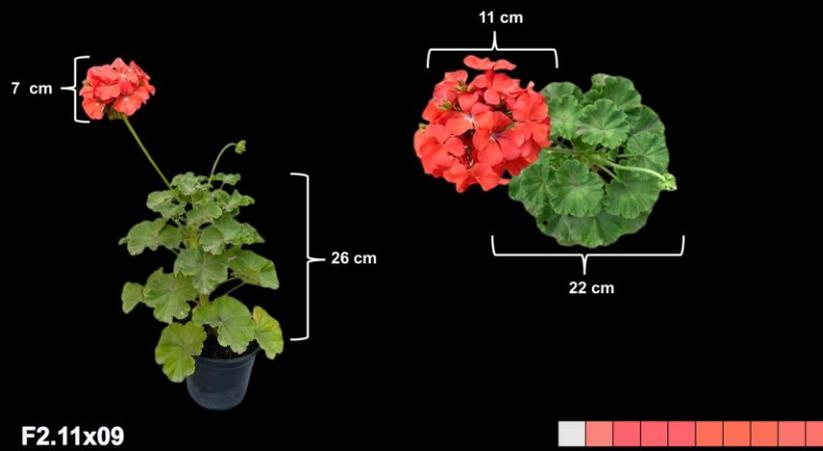
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



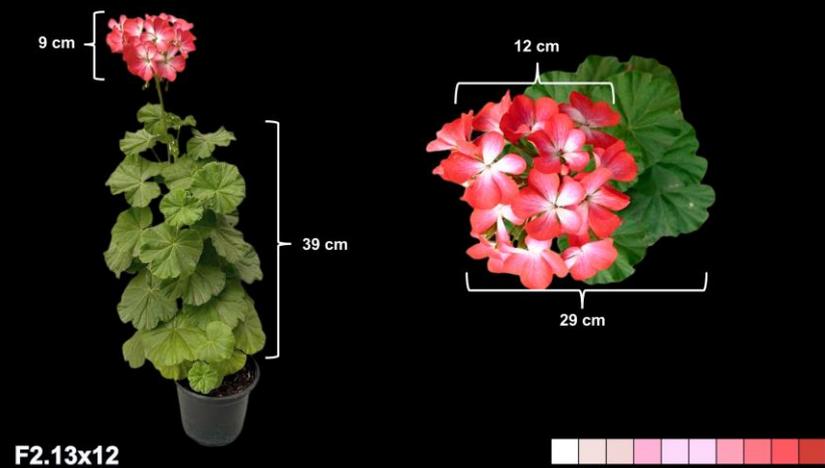
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



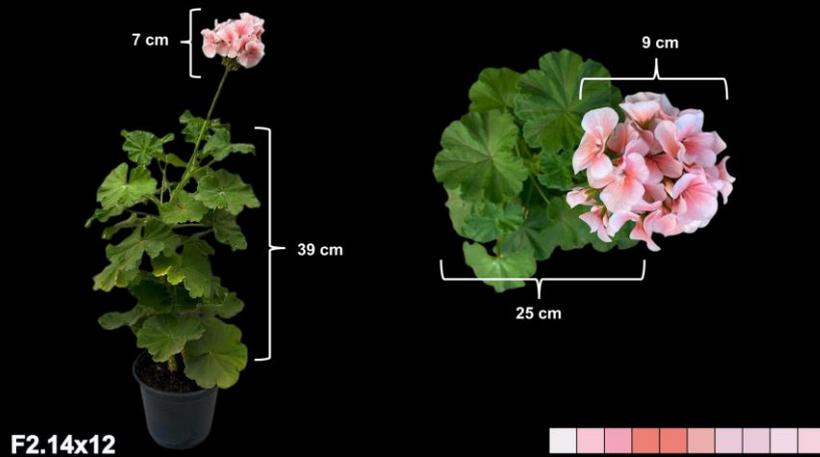
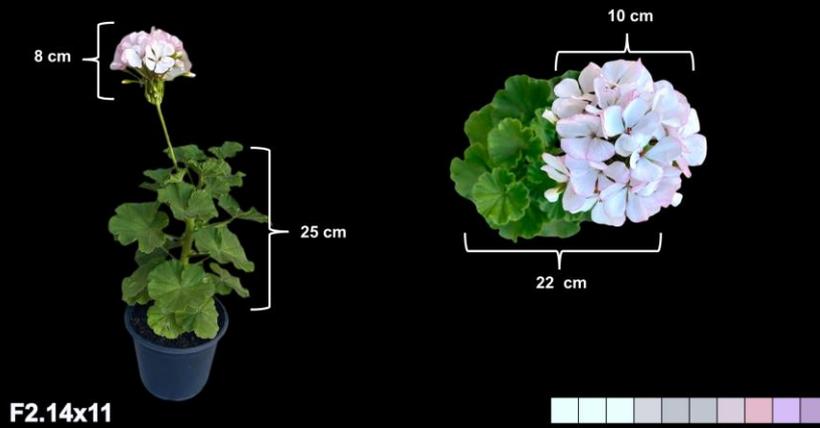
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



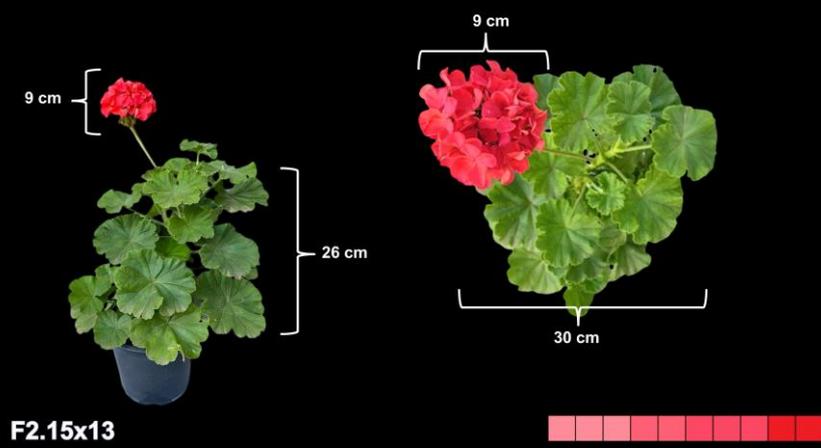
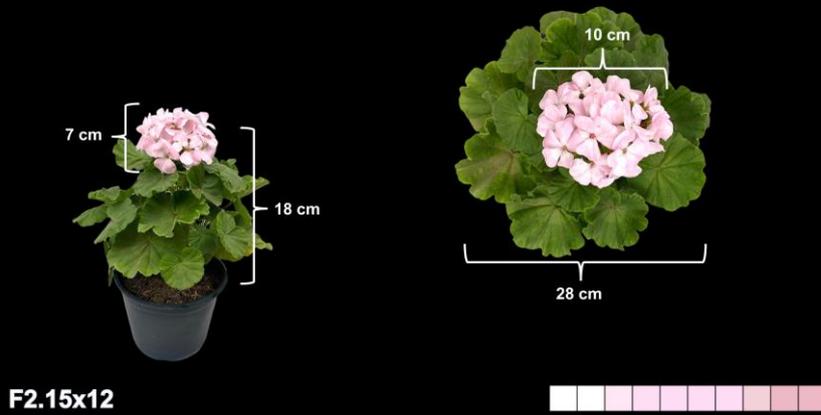
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



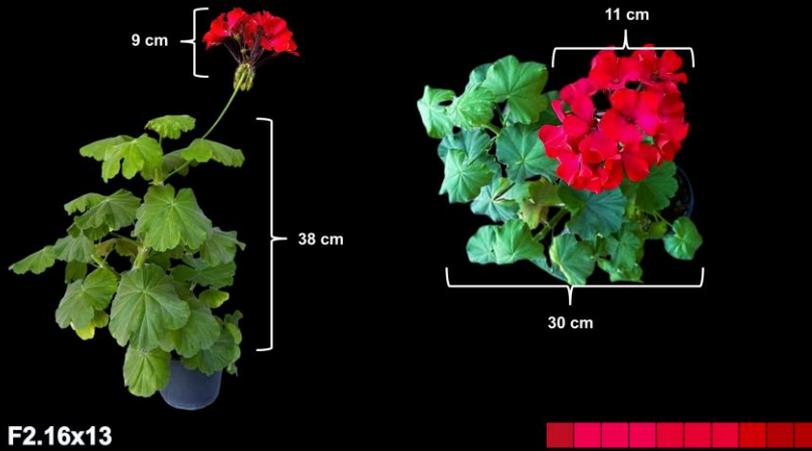
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



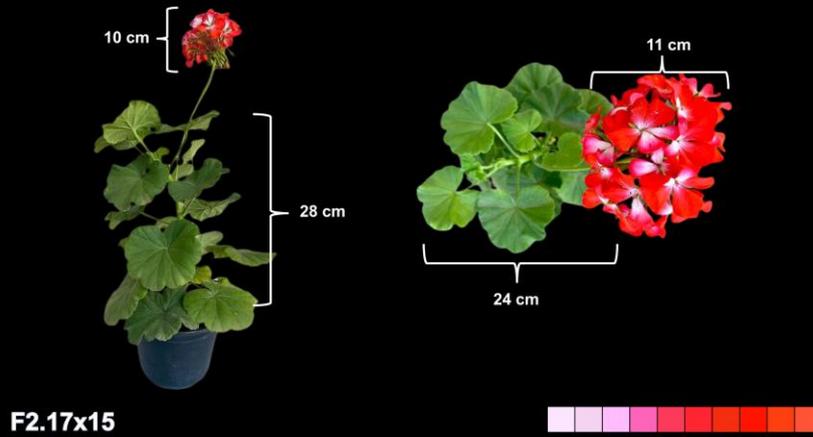
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



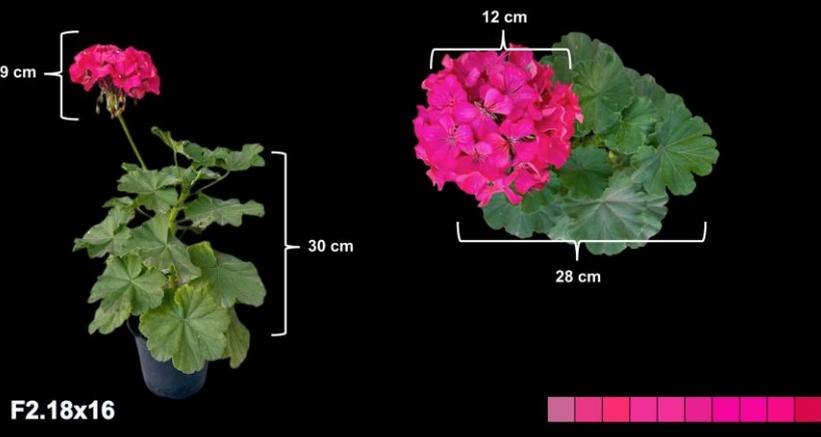
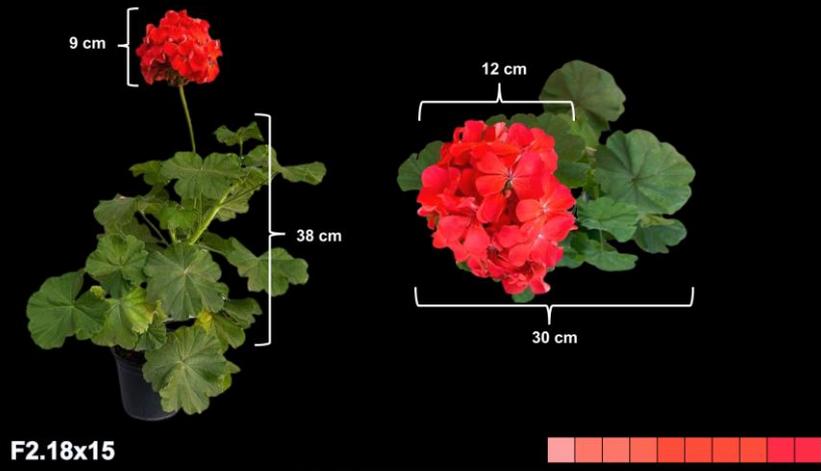
**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Continua)



**Figura 4.6** - Variabilidade fenotípica observada nos híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida por meio de cruzamentos dialélicos (dialelo circulante) entre gerânios do gênero *Pelargonium*, Ibiapina-CE, Brasil, 2022 (Conclusão).



Nos cruzamentos 03 × 18 e 04 × 02 houve predominância de flores brancas com rosa, enquanto que 15 × 12, 06 × 05 e 05 × 02 ocorreram flores predominantemente rosa claro matizadas com branco. Já em 07 × 04 e 09 × 06, rosa claro foi a cor que prevaleceu nas pétalas dos híbridos.

Combinações de rosa escuro com vermelho foram altamente frequentes nas pétalas dos híbridos provenientes dos cruzamentos entre 01 × 17, enquanto que combinações de rosa escuro e fúcsia (tonalidade próxima de *RHS* nº 59D) ocorreram majoritariamente em híbridos de 18 × 16, 17 × 16, 14 × 13 e 07 × 06. Em 04 × 01, flores vermelhas escuras contrastando com tons de rosa entre o magenta e fúcsia (Predominando a cor *RHS* nº 64D) foram as mais comuns.

Nos híbridos resultantes dos cruzamentos 01 × 16 e 16 × 13 prevalecem os tons vermelho fogo (*Acrilex* 507) a vermelho vivo (*RHS* 44B). Já o vermelho escarlata (*RHS* N45A) foi identificado em parte dos híbridos 01 × 18. Vermelho fogo (*RHS* 33A) com nuances de laranja (*RHS* N30A) estiveram presentes nas pétalas de parte da descendência de 04 × 03.

Essas variações de vermelho são comuns em espécies de *Pelargonium*, porém no local de coleta de germoplasma dos gerânios, são incomuns. A hibridação permitiu a junção de alelos para a expressão fenotípica de tons de vermelho que ainda são raros na região do estudo.

Rosa coral (*RHS* 51B) rosa médio (*RHS* 54B) e branco caracterizaram as pétalas da maior parte da progênie de 10x09. Rosa salmão (próximo entre a cor *Acrilex* 518 e *RHS* 49B) com nuances brancos foram exclusivos nos híbridos F<sub>2</sub> de 13 × 10, que ainda exibiram folhas com zonas de contraste muito escuras.

Corolas com cores entre o rosa médio e o coral (próximo a *RHS* 51B) foram frequentes em 03 × 01, 16 × 14 e 15 × 13. Em 11 × 08, a flor é rosa escuro com base branca e margens entre ameixa escuro e o magenta (*RHS* 61B). Já as flores de 11 × 09 variam do rosa salmão ao coral.

Vermelho claro (*RHS* 48A), rosa flamingo (próximo a *Acrilex* nº 829 e *RHS* 50C) e branco se mesclam nas pétalas de 13 × 12. Em 16 × 15 e 14 × 12 ocorre a predominância de *rosa-cotton* (*Acrilex* 894, *RHS* 49D) matizada com tons de branco.

Grande parte dos descendentes 18 × 17 exibem pétalas com graduação de cores: vermelho escuro, rosa médio, rosa claro e branca. Já em 11 × 10 a flor é perceptivelmente tricolor com vermelho, rosa e branco. O degradê de cores harmoniosas faz desses dois tipos de híbridos promissores para o mercado floricultor.

Pétalas bicolores vermelhas com bases brancas ocorrem em 02 × 01. Já pétalas combinando magenta, vermelho e branco caracterizam 17 × 14 e 05 × 04. Na descendência de 02 × 17 o mesmo padrão tricolor ocorre, porém, predominado o vermelho como cor principal.

As combinações 13 × 11, 12 × 09 e 09 × 07 geraram híbridos com incontáveis tons entre o rosa e o vermelho nas flores, o que confere a ilusão de pétalas com aspecto manchado (ver catálogo na Figura 4.6).

A obtenção de híbridos para espécies com propagação vegetativa, como ocorre em *Pelargonium*, além de aumentar a variabilidade, funciona como um instrumento do melhorista para a conservação da coleção de germoplasma e impede processos de erosão genética.

A hibridação entre diferentes espécies de gerânios é uma das principais abordagens na obtenção de novos caracteres e neutraliza o estreitamento do *pool* gênico nos programas de melhoramento do *Pelargonium* (OLBRICHT, 2013).

Esenalieva e Arnold (2012) realizaram hibridações entre *P. zonale* e *P. tongaense*. Contudo, não realizaram cruzamentos biparentais ou cruzamentos dialélicos entre os híbridos F<sub>1</sub>, optaram por autopolinizações para a obtenção de uma geração F<sub>2</sub>. Na geração F<sub>2</sub> conseguiram híbridos promissores para plantas mais compactas e para a cor da folha verde escuro e folha variegada, no entanto, verificaram deficiência de clorofila em vários híbridos, o que pode ser uma consequência de depressão endogâmica.

Blerot et al. (2016) relatam que em cruzamentos interespecíficos, principalmente de espécies mais distantes geneticamente, os híbridos F<sub>1</sub> podem ser macho-estéreis e a propagação passa a ser feita por estaquia. Se por um lado tem-se a perda de uma F<sub>2</sub> com maior segregação, por outro, é benéfico para grandes empresas do setor floricultor a comercialização de híbridos macho-estéreis.

Breman et al. (2020) também com cruzamentos entre gerânios do gênero *Pelargonium* obtiveram na geração F<sub>2</sub> diversas cores de flor: branca, creme, rosa claro, rosa, salmão, magenta claro e laranja. A hibridação realizada por esses autores gerou menos variabilidade para a cor da flor, mesmo com genitores geneticamente mais distantes (*P. × hortorum* e *P. aridum*). Contudo, para a variabilidade de caracteres de folha, esta foi superior à encontrada em nosso estudo, em que os genitores não eram muito contrastantes para descritores morfológicos de folha.

Pan, Bacher e Ewart (1990) estudando o controle genético da cor da flor em *Pelargonium × hortorum* verificaram que a cor branca é recessiva às outras cores como laranja, rosa-salmão e vermelho carmim. Esses autores denotaram que o estudo do controle genético da cor da flor em *Pelargonium* é complexo, e em seus estudos verificaram diferentes tipos de herança para a cor. Destacaram dominância completa, dominância incompleta e alguns tipos de interação gênica, principalmente para as cores entre o laranja e o salmão escuro, que verificaram uma proporção de 9 vermelho-alaranjado: 3 laranja: 4 salmão-escuro, indicando epistasia recessiva.

A variabilidade de cores para flor gerada em F<sub>2</sub> nesse estudo permitirá realizar estudos de controle genético para diversas cores tais como: magenta, fúcsia, lavanda, rosa, vermelho e branco. Híbridos com margens arroxeadas (03 × 02) e azuladas (14 × 11) também devem ser estudados e inseridos em programas de melhoramento genético.

O melhoramento genético de gerânios deve ser direcionado para a redução do porte da planta, uma vez que menores alturas e plantas mais compactas facilitam o cultivo em vaso. Também consideram primordiais estudos para a melhoria do formato e do número de camadas de pétalas, bem como a obtenção de novas cores, tais como o roxo (KOBAYASHI et al., 1993).

Os gerânios desse estudo não são puros para as espécies *P. zonale* e *P. × hortorum*, sendo esta última caracterizada com a expressão de alguns genes de *P. inquinans*, e o sucesso na obtenção dos híbridos pode ser confirmado com o estudo de compatibilidade em cruzamentos entre espécies de *Pelargonium*, assim como realizado por Harney e Chow (1971), que admitiram a existência de poucas barreiras reprodutivas entre as espécies *P. zonale* e *P. inquinans*.

## 5.4 Conclusões

Foi verificada a variabilidade entre os genitores e híbridos  $F_1$  de gerânios. O dendrograma UPGMA explicou melhor as divergências genéticas entre genitores e híbridos da geração  $F_1$ .

Os genótipos G8, G11 e G17, que exibem combinações de tons de rosa, ameixa e vermelho, respectivamente mesclados com branco são adequados para a comercialização no país e promissores para a inclusão em programas de melhoramento de espécies de propagação vegetativa.

Dentre todos os caracteres quantitativos do estudo, os de maior influência para a caracterização da diversidade, potencial ornamental e para a verificação da capacidade geral e específica de combinação foram: número de dias para o florescimento, comprimento do pedúnculo, altura da planta, diâmetro da inflorescência e número de flores abertas por inflorescência.

A análise dialélica circulante para os descritores quantitativos de maior importância no estudo foi significativa. Para a capacidade geral de combinação, os genótipos G7 e G13, ambos com inflorescências predominantemente de tons de rosa (rosa antigo ao rosa coral), exibiram as melhores estimativas de  $g_{ij}$  para os caracteres avaliados.

Para a capacidade específica de combinação, os híbridos mais promissores foram das combinações:  $12 \times 10$  e  $17 \times 16$  para a precocidade do florescimento;  $18 \times 15$  para o aumento do comprimento dos pedúnculos e  $07 \times 05$  e  $15 \times 12$  quando o objetivo for a redução das hastes florais.

As combinações  $14 \times 11$ ,  $14 \times 13$  e  $15 \times 12$  foram as mais eficientes para a redução da altura da planta. O diâmetro da inflorescência exibiu estimativas de  $g_i$  mais promissoras que as  $s_{ij}$ , portanto, o melhoramento para o caráter deve ser com base no desempenho *per se* dos genitores.

Para o número de flores por inflorescência verificou-se a existência de interação alélica dominante e sobredominante, sendo o melhoramento direcionado para a obtenção de híbridos superiores. Os genótipos G6, G7, G16 e G18 exibiram estimativas de CGC que indicam que a inclusão desses em cruzamentos aumentará o número de flores nas inflorescências dos híbridos.

Na geração F<sub>2</sub> houve ampla variabilidade e os caracteres qualitativos foram mais eficientes na indicação de híbridos para o mercado floricultor. Flores bicolors, tricolors e com pétalas matizadas, especialmente os híbridos oriundos de 09 × 07, 11 × 10, 12 × 09, 13 × 11 e 18 × 17, devem ser avaliados em estudos de controle genético e em ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE).

## Referências

- BABA, V. Y. et al. Genetic diversity of *Capsicum chinense* accessions based on fruit morphological characterization and AFLP markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 63, n. 8, p. 1371–1381, 2016.
- BARBÉ, T. C. et al. Association between advanced generation and genealogy inbred lines of snap bean by the Ward-Modified Location Model. **Euphytica**, v. 173, p. 337-343, 2010.
- BENEMANN, D. P. et al. Estimation of genetic variability of a *Gerbera* Brazilian collection based on morphological traits and EST-SSR markers. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 5, 2014.
- BLEROT, B. et al. Botany, agronomy and biotechnology of *Pelargonium* used for essential oil production. **Phytochemistry Reviews**, v. 15, p. 935-960, 2016.
- BHATTARAI, K.; KAREEM, A.; DENG, Z. *In vivo* induction and characterization of polyploids in gerbera daisy. **Scientia Horticulturae**, v. 282, p.110054, 2021.
- BREMAN, F. C. **Exploring patterns of cytonuclear incompatibility in *Pelargonium* section *Ciconium***. Wageningen: Wageningen University, 2021. 195 p.
- CAO, Z.; DENG, Z. Morphological, cytological and molecular marker analyses of ‘Tapestry’ caladium variants reveal diverse genetic changes and enable association of leaf coloration pattern loci with molecular markers. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 143, n. 2, p. 363-375, 2020.
- CARVALHO-ZANÃO, M. P. et al. Potted rose cultivars with paclobutrazol drench applications. **Ciência Rural**, v. 48, p. e
- COSTA, G. N. **Diversidade genética e avaliação do potencial ornamental de acessos de pimentas *Capsicum* spp.** 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Teresina, 2018.
- COSTA, G. N et al. Selection of pepper accessions with ornamental potential. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 566-574, 2019.

CRUZ, C. D. **Programa Genes** - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Viçosa, MG, 2013. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>> Acesso em: 02 jun. 2023.

CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, v.1, 2004, 480 p.

DONG-JU, Z. et al. Genetic diversity analysis in cut *Chrysanthemum* cultivars based on morphology and SRAP markers. **Acta Horticulturae Sinica**, v. 41, n. 1, p. 118, 2014.

EECKHAUT, T. et al. Somaclonal variation in *Chrysanthemum x morifolium* protoplast regenerants. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 607171, 2020.

FERREIRA, F. M. **Eficiência de dialelos circulantes via simulação por reamostragem de um dialelo completo**. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

GUIMARÃES, W. N. R. et al. *Heliconia* phenotypic diversity based on qualitative descriptors. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 2, p. 3128-3142, 2014.

HARNEY, P. M. The origin, cytogenetics and reproductive morphology of the zonal geranium: a review. **HortScience**, v.11, p. 189–194, 1976.

HARNEY, P. M.; CHOW, T. W. Crossability between some *Pelargonium* species. **Euphytica**, v. 20, n. 2, p. 286-291, 1971.

JAIN, S. M. et al. Biotechnology and mutagenesis in gerbera improvement. **Advances in horticultural science**, p. 47-53, 1998.

KAMLAH, R. et al. Hybridization between *Pelargonium acetosum* L'Hér. and *Pelargonium x peltatum*. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 92, p. 49-56, 2019.

KIM, G. J. et al. Application of UPOV data for the analysis of genetic variation in rose cultivars. **Journal of horticultural science and technology**, v. 29, n. 3, p. 240-246, 2011.

KOBAYASHI, K. Production of purplish color strains in zonal geranium (*Pelargonium x hortorum*). In: Proc. The 7th International Congress of SABRAO and WSAA, 1994. 1994. p. 677-684.

LOGES, V, et al. Characteristics of pendent heliconia for use in landscape and as cut flower. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 3, p. 287-295, 2016.

LOPES, A. C. A. **Análise dialélica envolvendo genótipos parentais de soja resistentes ao nematoide de cisto**. 2001. 122f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade de São Paulo, 2001.

- LUDWIG, F. et al. Análise de crescimento de gérbera de vaso conduzida em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 70-74, 2010.
- MIRANDA FILHO, J. B.; GERALDI, I. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.2, n.4, p.677-688, 1984.
- MITCHELL, K. A.; MARKHAM, K. R.; BOASE, M. R. Pigment chemistry and colour of *Pelargonium* flowers. **Phytochemistry**, v. 47, n. 3, p. 355-361, 1998.
- MUNGUÍA-ROSAS, M. A. et al. Meta-analysis of phenotypic selection on flowering phenology suggests that early flowering plants are favoured. **Ecology letters**, v. 14, n. 5, p. 511-521, 2011.
- NESSMANN, P. **Los geranios**. Jardinería práctica. Susaeta ediciones S.A., Madrid, 1998, 69 p.
- PAN, S.; BACHER, J.; EWART, L. C. Genetics of orange flower color in *Pelargonium x hortorum*. **Acta Horticulturae**, v. 272. p. 53-58. 1990.
- PFANN, A. Z. et al. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, v. 39, p. 635-641, 2009.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.
- RAJAPAKSE, N. C.; KELLY, J. W. Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. **Journal of the American society for horticultural science**, v. 117, n. 3, p. 481-485, 1992.
- RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na Agropecuária**. 5ed., Lavras: UFLA, 2012, 565 p.
- RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley & Sons; 1952. 390p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507- 512, 1974.
- SHAO, Q. S. et al. A comparative analysis of genetic diversity in medicinal *Chrysanthemum morifolium* based on morphology, ISSR and SRAP markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 38, n. 6, p. 1160-1169, 2010.
- SILLMANN, T. A. **Controle de crescimento e caracterização anatômica de Begônia ‘Dragon Wing’ (*Begonia x hybrida* ‘Dragon Wing’)**.68f. 2022. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.
- SILVA, C. Q. et al. Fenotipagem e seleção de genitores em acessos de pimentas para fins ornamentais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 66-73, 2015.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

SUDRÉ, C. P. et al. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 88-93, 2006.

OLBRICHT, K. **Klonzüchtung ausgewählter gärtnerischer Kulturen unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit**. 2013, 197.f. (Tese de Doutorado), Humboldt-Universität zu Berlin, 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Plantas ornamentais** - Disciplina de Olericultura, Floricultura e Paisagismo, USP, 2017. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2888746/mod\\_resource/content/1/plantasornamentais2017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2888746/mod_resource/content/1/plantasornamentais2017.pdf)> Acesso em 01 de agosto de 2023.

VASCONCELOS, E. S. et al. Método Alternativo para Análise de Agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

VORSTER, P. 2012. *Pelargonium*, in Jepson Flora Project (eds.) Jepson eFlora , Disponível em: <[https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora\\_display.php?tid=9885](https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=9885)>. Acesso em 26 de março de 2023.

XAVIER, V. C. et al. Concentração da solução nutritiva no cultivo hidropônico de pimenta ornamental. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 13, n. 1, p. 24-32. 2006.

ZIMMERMAN, C. (1998). **Geraniaceae. *Pelargonium* and *Geranium***. Disponível:<<http://biology.nwc.whcn.edu/biology/bot2100/>>. Acesso em 13 de dezembro de 2021.

## 5 HIBRIDAÇÃO ARTIFICIAL EM VINCAS (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don)

### Resumo

A vinca, pervinca ou boa-noite (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) é uma planta ornamental originária de Madagascar, na África oriental, que foi amplamente cultivada em diversos países, inclusive no Brasil, se distribuindo por todas as regiões tropicais e subtropicais. O seu principal uso no paisagismo, em vasos, jardineiras e jardins se deve ao fato de sua resistência, fácil cultivo e devido às inúmeras inflorescências singelas e coloridas. Os principais estudos têm sido em relação à cultura de tecidos, fitoquímica, aspectos metabólicos e de engenharia genética de vincas, porém a produção agrícola e vários aspectos do melhoramento de plantas receberam pouca atenção. Diante disso, este estudo objetivou-se desenvolver um método de polinização artificial para a hibridação em vincas, visando a obtenção de híbridos promissores. Foi conduzido em telado (sombrite 50%), situado no Sítio Jurema Norte, no município de Ibiapina, na Serra da Ibiapaba, Ceará, no período de setembro de 2021 a maio de 2022. As polinizações artificiais foram realizadas entre 10 e 11h da manhã. O pólen foi coletado com pincel e aplicado nos estigmas das flores em pré-antese. Após a polinização, as flores foram protegidas com papel seda e identificadas com fita crepe. A geração F<sub>1</sub> foi obtida a partir de cruzamentos entre genitores contrastantes e caracterizada com cinco descritores morfológicos elaborados pela *International Union for the Protection of New Varieties of Plants* (UPOV) e as cores das flores identificadas pela cartela de cores *RHS* (*Royal Horticultural Society Colour Charts*). Já a geração F<sub>2</sub> foi obtida pela autofecundação dos híbridos F<sub>1</sub>. O cruzamento entre plantas de flor vermelha clara (*RHS Colours* 51B) com plantas de flor rosa-escura (*RHS* 53C) gerou maior variabilidade em F<sub>1</sub>, com 25 híbridos, sendo as cores mais promissoras as de tons laranja *RHS* 33C e N30A. O cruzamento entre flor vermelha clara (51B) e magenta (N74B) resultou apenas híbridos de cor magenta médio (70B) e com manchas entre o rosa e o roxo, N74D e N87D. O cruzamento entre plantas de flor branca com plantas de flor rosa-médio (72D) gerou cinco híbridos, com média variabilidade em F<sub>1</sub>, com cores variando do branco (NN155D) até o rosa arroxado (N78B). Na geração F<sub>2</sub> houve o aumento da frequência de genótipos com as cores laranja (*RHS* 33C e N30A), vermelho escuro (*RHS* 46A) e magenta escuro (*RHS* 59A e 59B), resultado promissor, uma vez que tais cores de flor em vinca ainda são incomuns no mercado de flores brasileiro. Considerando a variabilidade obtida e híbridos com caracteres recombinantes de seus genitores, é possível concluir que o método de polinização artificial desenvolvido foi eficiente para a hibridação em *C. roseus*.

**Palavras-chave:** Apocynaceae; Cores; Híbridos; Melhoramento genético de ornamentais.

## 5 ARTIFICIAL HYBRIDIZATION IN VINCAS (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don)

### Abstract

Vinca, periwinkle or *boa noite* (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) is an ornamental plant native to Madagascar, in eastern Africa, which has been widely cultivated in several countries, including Brazil, and is distributed throughout tropical and subtropical regions. Its main use in landscaping, in pots, flower boxes, and gardens, is due to its resistance, easy cultivation, and numerous simple and colorful inflorescences. The main studies have been related to tissue culture, phytochemistry, metabolic aspects, and genetic engineering of vincas, but agricultural production and various aspects of plant breeding have received little attention. Therefore, this study aimed to develop an artificial pollination method for hybridization in vincas, aiming to obtain promising hybrids. The experiment was conducted in a greenhouse (50% shading), located at Sítio Jurema Norte, in the municipality of Ibiapina, in the Serra da Ibiapaba, Ceará, from September 2021 to May 2022. Artificial pollinations were performed between 10 and 11 am. Pollen was collected with a brush and applied to the stigmas of pre-anthesis flowers. After pollination, the flowers were protected with tissue paper and identified with masking tape. The F<sub>1</sub> generation was obtained from crosses among contrasting parents and characterized with five morphological descriptors developed by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) and the flower colors identified by the RHS color chart (Royal Horticultural Society Color Charts). The F<sub>2</sub> generation was obtained through self-pollination of the F<sub>1</sub> hybrids. The cross between light red flowers (RHS Colors 51B) and dark pink flowers (RHS 53C) generated greater variability in F<sub>1</sub>, with 25 hybrids, with the most promising colors being orange tones RHS 33C and N30A. The cross between light red flowers (51B) and magenta (N74B) resulted in hybrids of medium magenta color (70B) with spots between pink and purple, N74D and N87D. The cross between white flowers and medium pink flowers (72D) generated five hybrids, with average variability in F<sub>1</sub>, with colors ranging from white (NN155D) to purplish pink (N78B). In the F<sub>2</sub> generation, there was an increase in the frequency of genotypes with orange colors (RHS 33C and N30A), dark red (RHS 46A), and dark magenta (RHS 59A and 59B), a promising result, since such flower colors in vinca are still uncommon in the Brazilian flower market. Finally, considering the obtained variability and hybrids with recombinant traits from their parents, it is possible to conclude that the developed method of artificial pollination was efficient for hybridization in *C. roseus*.

**Keywords:** Apocynaceae; Colors; Hybrids; Ornamental plant breeding.

## 5.1 Introdução

A vinca (*Catharanthus roseus* (L.) Don), pertencente à família Apocynaceae (SOUZA; LORENZI, 2012), é uma planta com centro de diversidade em Madagascar, na África oriental, porém com ampla distribuição por regiões subtropicais e tropicais, inclusive, sendo muito popular no Brasil como planta ornamental e medicinal (PACHECO, 1980, MALIK et al., 2013; MISHRA; VERMA, 2017).

Vinca, vinca-de-madagáscar, pervinca-de-madagáscar, pervinca ou boa-noite, trata-se de uma planta herbácea com folhas opostas com venação pinada (FLORA DO BRASIL, 2023), com inflorescência séssil e axilar, as corolas são gamopétalas actinomorfas do tipo hipocrateriforme (VIDAL; VIDAL, 2013), normalmente cor-de-rosa, mas que podem variar do branco ao rosa-escuro.

O seu principal uso no paisagismo, em vasos, jardineiras e jardins (LORENZI; SOUZA, 2008), se deve ao fato de sua resistência aos estresses hídricos e térmicos, a fácil propagação e manejo, além de inúmeras inflorescências singelas e coloridas.

É uma planta de ciclo anual e de pequeno porte (até 40 cm de altura), para cultivo sob luz solar direta, sendo muito resistente a seca. Possui ramos verdes flexíveis, podendo ser usada como rasteira ou em vasos. Suas folhas são ramificadas, de formato oval com ponta arredondada, e de coloração predominantemente verde-claro e brilhante (ISLA, 2023, FELTRIN, 2023).

A propagação é feita por sementes, que geralmente são comercializadas na opção de pacotes de sementes sortidas (ISLA, 2023, FELTRIN, 2023), isto é, as empresas não garantem que todas as cores disponíveis no mercado estejam disponíveis no lote de sementes disponível em seus catálogos. A estaquia também pode ser realizada quando o objetivo é manter a constituição genética da planta ou quando se deseja realizar a propagação vegetativa de híbridos superiores para uma determinada cor de flor.

Tornou-se uma das plantas medicinais amplamente investigadas após a descoberta de dois poderosos alcaloides anticancerígenos, vimblastina e vincristina, em suas folhas, há mais de 50 anos. Sendo, majoritariamente, as publicações para a espécie sobre estudos de fisiologia, bioquímica, cultura de tecidos, fitoquímica, aspectos metabólicos e de engenharia genética (KULKARNI; BASKARAN; JHANG, 2016; KUMAR; SINGH; SINGH, 2022; FAO, 2023).

Embora a literatura sobre cultura de células e tecidos, fitoquímica, aspectos metabólicos e de engenharia genética de vincas tenha sido revisada periodicamente, a produção agrícola e vários aspectos do melhoramento de plantas receberam pouca atenção (KULKARNI; BASKARAN; JHANG, 2016).

O melhoramento genético tem sido direcionado às concentrações mais altas de alcaloides anticancerígenos, uma vez que com tal abordagem possibilitaria atender à demanda por esses alcaloides e reduzir seus custos de obtenção (BARRALES-CUREÑO, 2015; SHARIATIPOUR; HEIDARI; RICHARDS, 2023, ABED et al., 2023).

Várias tentativas foram feitas no melhoramento genético da vinca através da poliploidia induzida, e subsequentemente através de mutagênese induzida, principalmente em relação a biossíntese de alcaloides (vimblastina, vincristina, vinorelbina), e mais raramente para o melhoramento de aspectos ornamentais (BEGUM et al., 2011; KULKARNI; BASKARAN; JHANG, 2016; KAUSHIK et al., 2017; SHALA; DENG, 2018; JHANG; DWIVEDI; SHARMA, 2022).

Para fins ornamentais, o melhoramento tem sido direcionado para a obtenção de vincas com cores incomuns (KULKARNI; BASKARAN; SREEVALLI, 2005; ABDELMAGEED; ABDELRAHMAN, 2017), flores com pétalas dobradas (CHEN; YEH, 2012; CHEN; WEI; YEH, 2012) e para o aumento do número de flores por planta (KUMAR et al., 2012) .

No entanto, ainda há insuficiência de informações em relação a metodologia de polinização artificial e sobre as melhores técnicas para a condução de um programa de melhoramento de vinca, tornando-se necessário a elucidação e divulgação das técnicas de hibridação em tal espécie. Diante disso, objetivou-se desenvolver um método de polinização artificial para a hibridação em vincas (*Catharanthus roseus*), visando a obtenção de híbridos promissores.

## 5.2 Material e Métodos

Para a hibridação artificial em vinca (*C. roseus*) foi necessário realizar a dissecação da flor do genitor masculino (Figura 5.1a) com pinça de aço inoxidável para a coleta do pólen. Com o auxílio da pinça removeu-se as anteras com pólen maduro (Figura 5.1b). O pólen tem aspecto de pó seco, quando totalmente maduro e coloração entre o branco e o amarelo claro. Já em maturação, o pólen exibe um aspecto viscoso de coloração branca esverdeada.

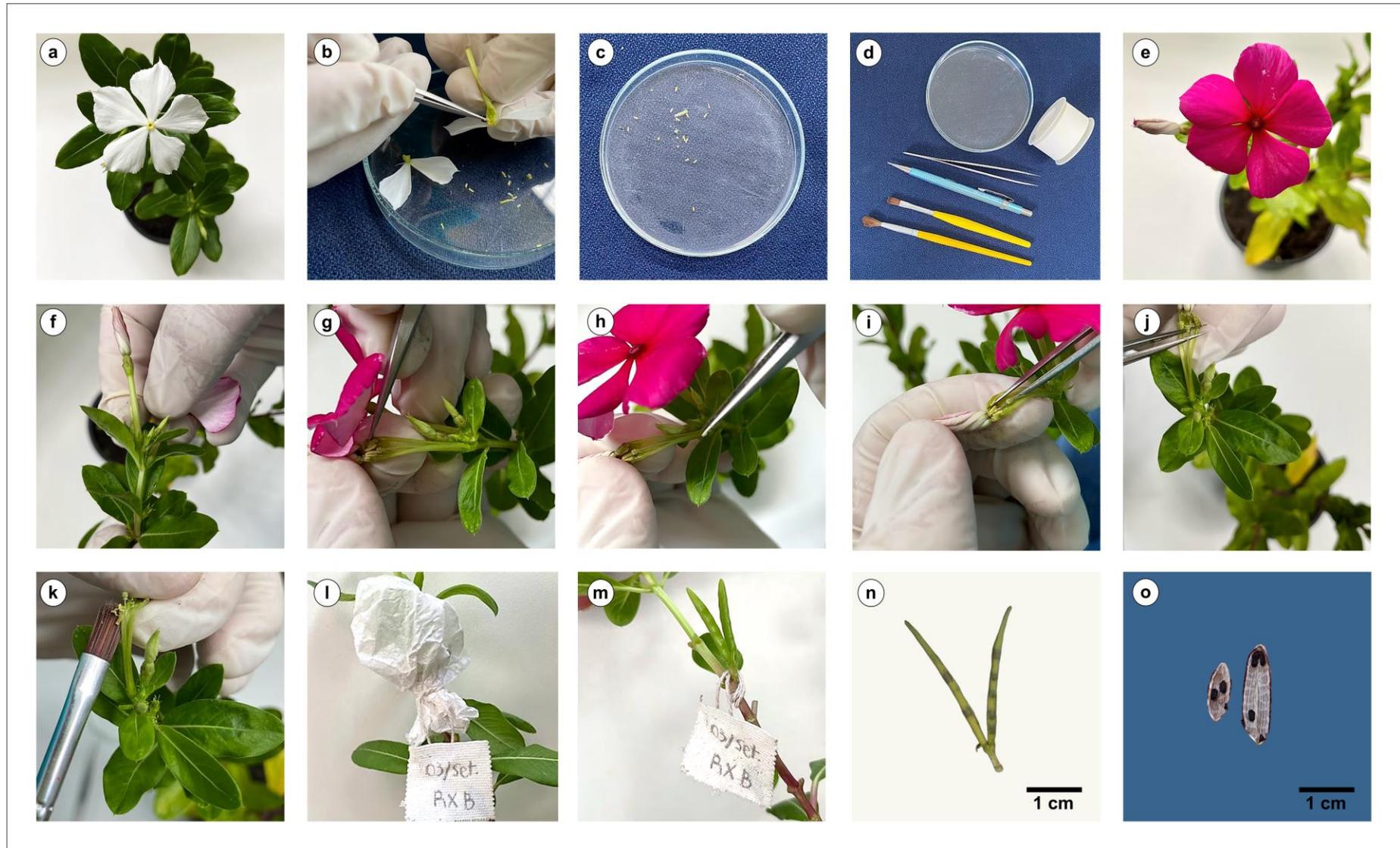
As anteras maduras foram coletadas e armazenadas em placas de *Petri* (Figura 5.1b e 5.1c) e, com o auxílio de um pincel (Figura 5.1d) o pólen foi aplicado na parte inferior e superior dos estigmas das flores (Figura 5.1k) em pré-antese de genitores femininos (Figura 5.1e), previamente emasculados com auxílio da pinça (Figura 5.1f a 5.1j).

Depois da polinização, as flores foram protegidas com papel seda e identificadas com fita crepe (Figura 5.1l). Após o início do desenvolvimento do fruto (vagem dupla), o papel foi retirado e a placa de identificação do cruzamento realocada (Figura 5.1m e 5.1n).

Para evitar a perda de sementes devido a deiscência dos frutos, a colheita ocorreu quando as sementes de coloração pretas começaram a ser exibidas nas vagens (Figura 5.1n), e após isso foram armazenadas em envelope de papel até a abertura das vagens (Figura 5.1o).

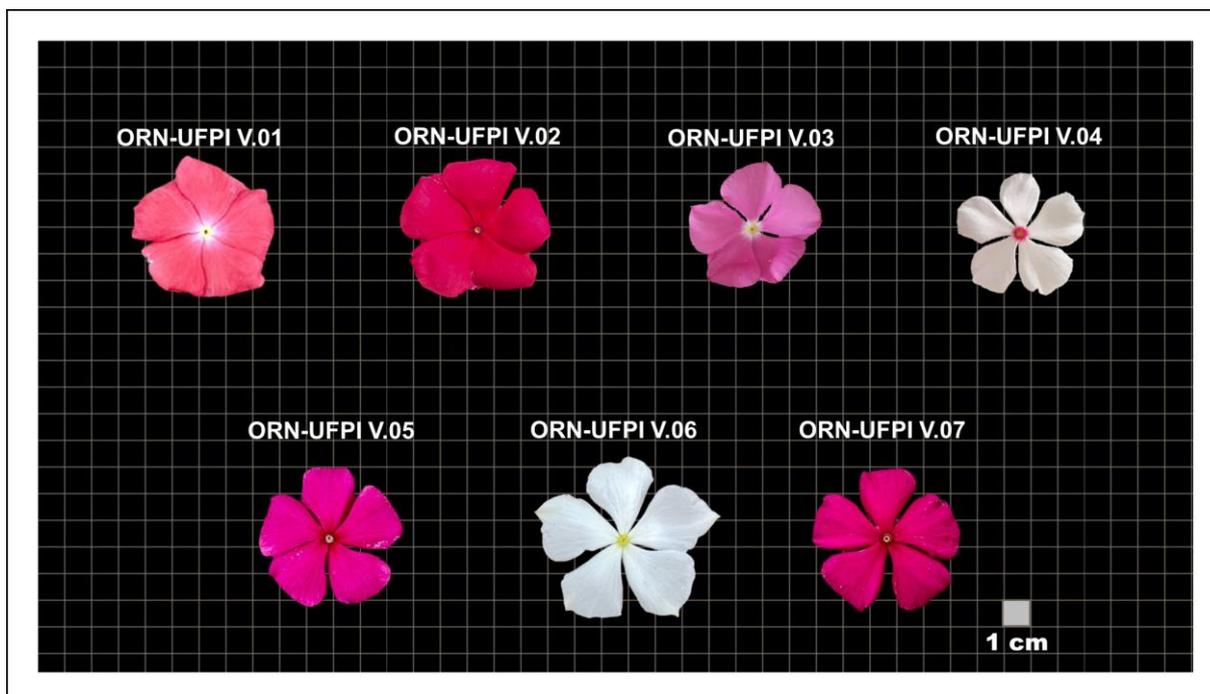
Os cruzamentos para obtenção das sementes  $F_1$  foram realizados entre sete genitores contrastantes de uma coleção de sete genótipos coletados em Ibiapina, Ceará, e conservados no Banco de Germoplasma de Plantas Ornamentais da Universidade Federal do Piauí (ORN – UFPI) (Figura 5.2). As polinizações artificiais ocorreram no período de 10 e 11h da manhã durante o mês de maio de 2021.

**Figura 5.1** - Etapas do método de hibridação artificial em vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Figura 5.2** - Genótipos de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), coletados e conservados no Banco de Germoplasma de Plantas Ornamentais da Universidade Federal do Piauí (ORN – UFPI), Teresina, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A geração  $F_1$  foi conduzida em telado (sombrite 50%), situado no Sítio Jurema Norte, no município de Ibiapina, na Serra da Ibiapaba, Ceará, a 850 m de altitude,  $03^{\circ}56'07''$  de latitude S e  $40^{\circ}56'28''$  de longitude W, no período de maio de 2021 a maio de 2022.

Para a obtenção da geração  $F_2$  foi realizada proteção com papel de seda em diversas flores em pré-antese de híbridos  $F_1$ . O papel foi preso com fita de cetim, isolando a flor para promover autofecundação. Após a antese, os ramos das flores protegidas foram movimentados cuidadosamente, em sentido anti-horário, para facilitar a autopolinização, no período de 10 e 11h da manhã, durante o mês de setembro de 2021. A remoção da proteção com papel foi feita após quatro dias, logo no início do desenvolvimento das vagens.

A geração  $F_2$  foi conduzida em telado (sombrite 50%), localizado no Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, no município de Teresina - PI, localizado a 72,7m de altitude,  $05^{\circ}05'05''$  de latitude S e  $42^{\circ}05'$  de longitude W, no período de maio de 2022 a maio de 2023.

As sementes das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> semeadas em bandejas de polietileno de 128 células preenchidas com fibra de coco e após o desenvolvimento de seis folhas verdadeiras foram transplantadas para vasos tamanho 14 (pote Holambra 14). Depois da caracterização, para a conservação do genótipo, estes foram transplantados para vasos de polietileno tamanho 20 (15 litros), contendo substrato com uma parte de terra vegetal e uma parte de húmus.

A caracterização morfológica dos híbridos, obtidos durante o avanço de gerações, foi baseada nos descritores de *C. roseus*, publicados pela *International Union for the Protection of New Varieties of Plants* (UPOV, 2004), elaborados para a realização de testes para distinção, homogeneidade e estabilidade (DHE). Foram utilizados cinco descritores:

1. Porte da planta: (1 ) ereto; (3) semiereto; (5) rasteiro.
2. Densidade foliar: (1) baixa; (3) intermediária; (5) alta.
3. Disposição das pétalas: (1) livres; (3) encostadas; (5) ligeiramente sobrepostas; (7) fortemente sobrepostas.
4. Cor principal da flor na parte superior: indicar a cor (*RHS Colour Chart*).
5. Cor do receptáculo no centro da flor: (1) branco; (2) amarelo; (3) rosa; (4) vermelho; (5) roxo.

Os dados dos descritores mensurados são do tipo qualitativos multicategóricos e foram avaliados a partir da moda observada.

### **5.3 Resultados e Discussão**

As polinizações entre os genitores de vinca da coleção de germoplasma de ornamentais da Universidade Federal do Piauí (ORN-UFPI) resultaram em cinco grupos de cruzamentos com um número efetivos de sementes para a avaliação da geração F<sub>1</sub> (Quadro 5.1).

**Quadro 5.1** – Híbridos obtidos a partir de cruzamentos de vincas (*C. roseus*), provenientes da Coleção de Germoplasma de Plantas Ornamentais da Universidade Federal do Piauí (ORN-UFPI), 2023

<b>Cruzamento 01</b>	ORN UFPI V.01 x ORN UFPI V.02
<b>Cruzamento 02</b>	ORN UFPI V.03 x ORN UFPI V.04
<b>Cruzamento 03</b>	ORN UFPI V.05 x ORN UFPI V.01
<b>Cruzamento 04</b>	ORN UFPI V.06 x ORN UFPI V.05
<b>Cruzamento 05</b>	ORN UFPI V.07 x ORN UFPI V.06

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O cruzamento 01 (Figura 5.3) entre plantas de flor vermelha clara (*RHS Colours* 51B) com plantas de flor rosa-escura (*RHS* 53C) resultou na obtenção de 25 híbridos F<sub>1</sub> (Figura 5.3). Esse cruzamento gerou maior variabilidade, embora o critério de genitores contrastantes não tenha sido totalmente respeitado.

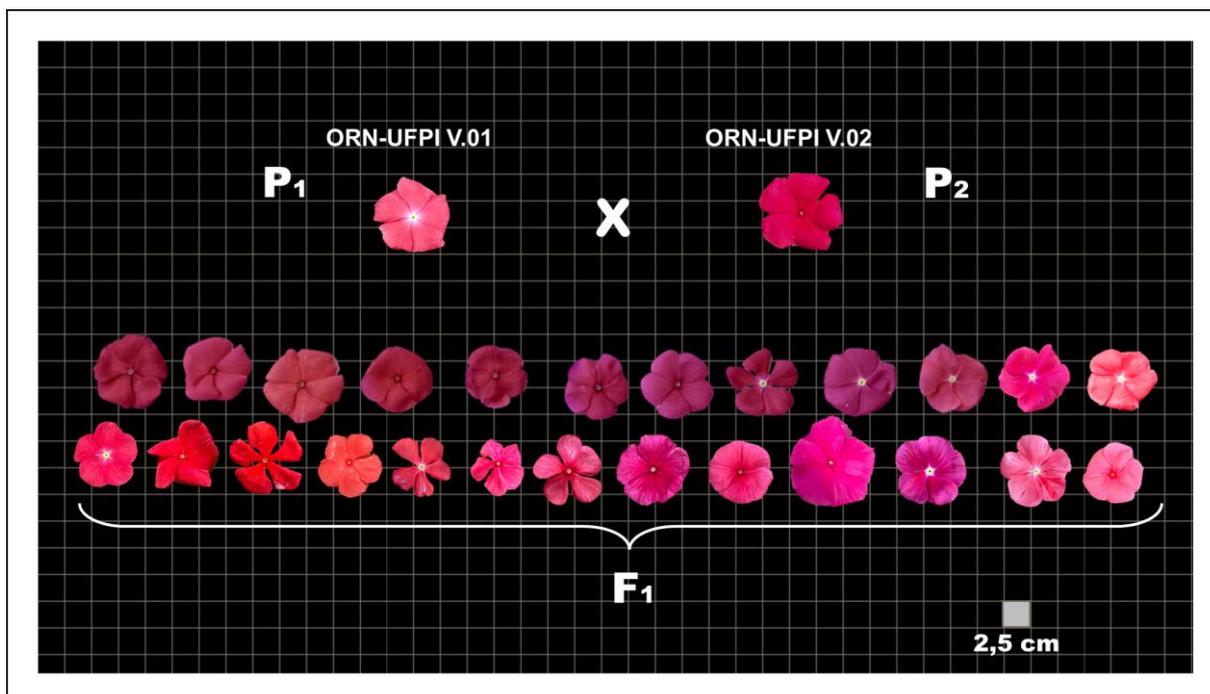
Para o porte, os genitores e híbridos são semieretos e com alta densidade foliar. Para a corola, os genitores com pétalas sobrepostas geraram híbridos com todos os fenótipos para disposição das pétalas (de livres a fortemente sobrepostas).

As cores principais da flor dos híbridos variaram de rosa claro (*RHS* 54A e 55B) ao vermelho vivo (*RHS* 44B) e com diversos tons de rosa intermediário (*RHS* 54A) e magenta (*RHS* 70A e 70B). Verificou-se cores promissoras para de tons laranja *RHS* 33C e N30A (Figura 5.3).

Alguns híbridos apresentaram flores muito semelhantes ao genitor feminino, com diluição do pigmento do magenta escuro (*RHS* 61A) ao vermelho mais claro (*RHS* 50C) do que o verificado no genitor feminino (Figura 5.4), o que pode ser explicado pela variação transgressiva.

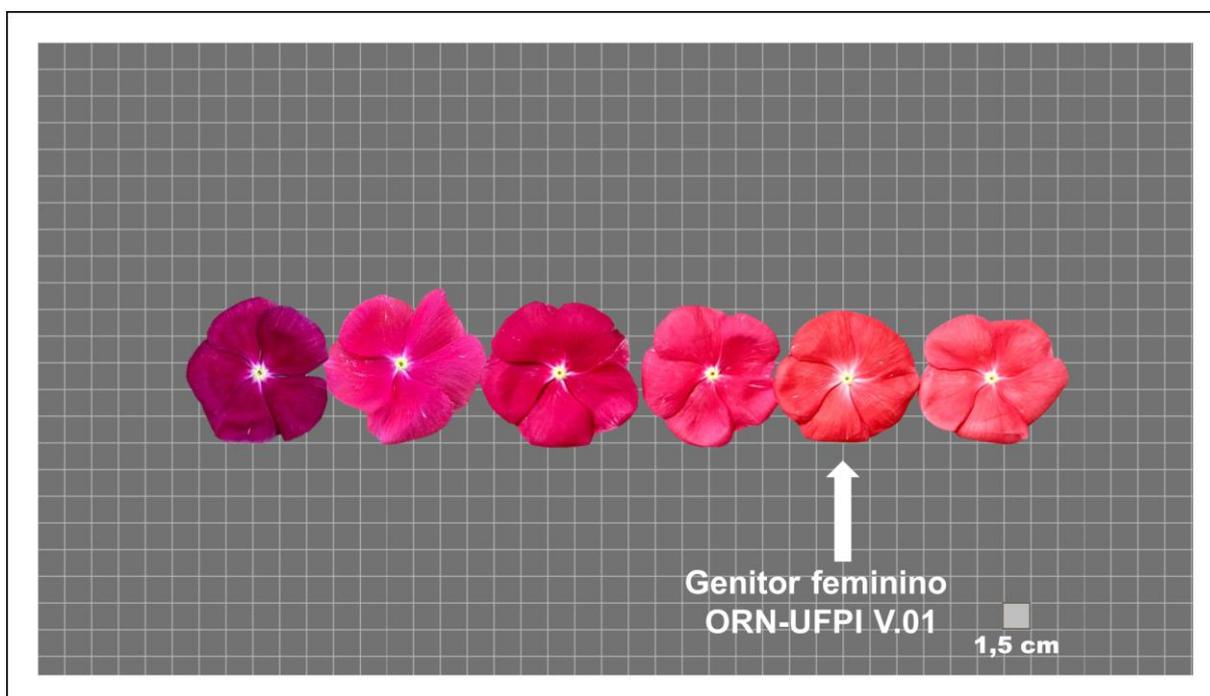
A hipótese da variação transgressiva é que quando os genitores não representam os possíveis extremos dos genótipos combinados, pode ocorrer que os híbridos possam exceder os valores verificados em caracteres qualitativos ou quantitativos nos genitores (DUARTE; VENCOSKY, 2001; MOURA et al., 2008).

**Figura 5.3** – Diagramação do cruzamento entre as vincas (*C. roseus* (L.) G.Don), ORN-UFPI V.01 e ORN-UFPI V.02 e geração F<sub>1</sub> resultante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

**Figura 5.4** – Comparação dos fenótipos de híbridos F<sub>1</sub> (ORN-UFPI V.01xV.02) de vincas (*C. roseus* (L.) G.Don) com o genitor feminino ORN-UFPI V.01 evidenciado a diluição do pigmento da corola

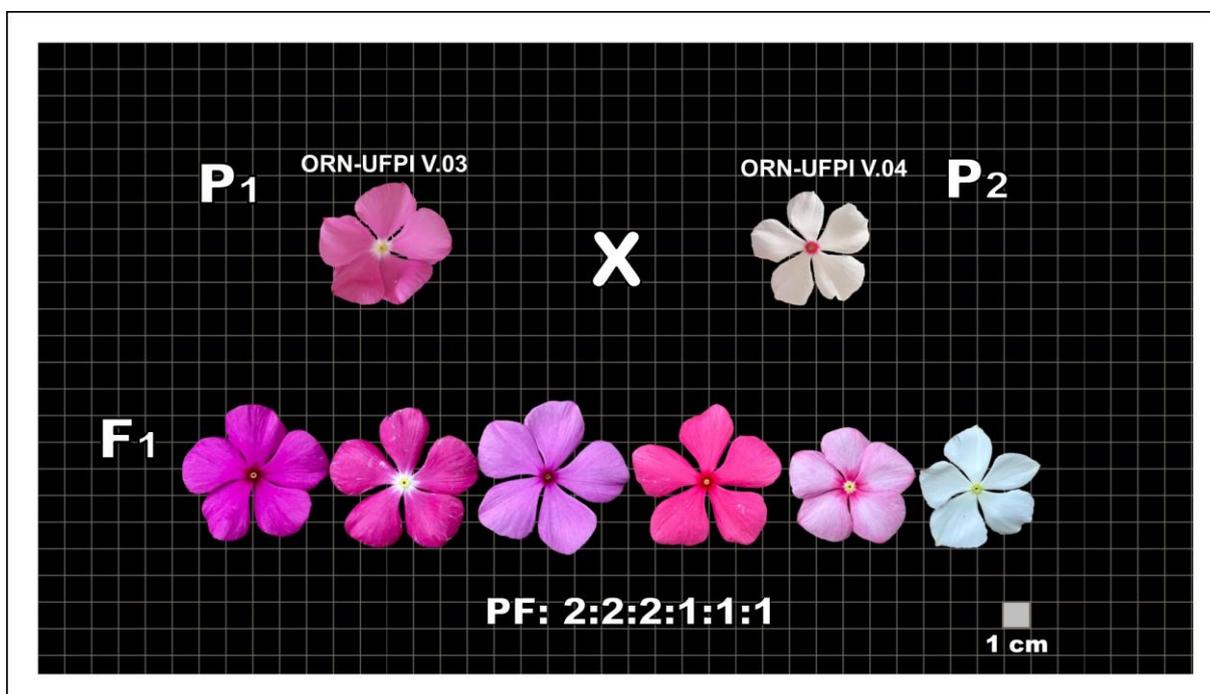


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os genitores (ORN-UFPI V.01 e ORN-UFPI V.02) foram contrastantes para a cor do receptáculo, P1 com cor amarela e centro branco e P2 com cor vermelha e sem cor secundária na região central. Nove híbridos exibiram receptáculo amarelo, oito com tons de amarelo claro, e os demais variando do rosa ao vermelho (Figura 5.3).

O cruzamento 02, ORN-UFPI V.03 × ORN-UFPI V.04, entre plantas de flor rosa-médio (*RHS* 72D) com plantas de flor branca (*RHS* N155C) gerou nove híbridos (Figura 5.5). A proporção fenotípica observada na F<sub>1</sub> foi de 2:2:2:1:1:1 quando se considerou a cor principal da corola. A cor principal das pétalas variou do branco (*RHS* NN155D) até o rosa arroxeadado (*RHS* N78B).

**Figura 5.5** – Diagramação do cruzamento entre as vincas (*C. roseus* (L.) G.Don), ORN-UFPI V.03 e ORN-UFPI V.04 e geração F<sub>1</sub> resultante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O genitor feminino ORN-UFPI V.03 (P1) exibiu porte ereto e o masculino ORN-UFPI V.04 (P2) apresentou porte rasteiro ou prostrado, e todos os híbridos F<sub>1</sub> obtidos exibiram porte ereto, o que pode revelar indício de dominância completa do porte ereto em relação ao porte prostrado.

Não houve variação entre os genitores e híbridos para a densidade foliar, em todos os genótipos a densidade das folhas era intermediária. Para a disposição das pétalas, os genitores exibem pétalas encostadas, bem como os híbridos F<sub>1</sub>, exceto o

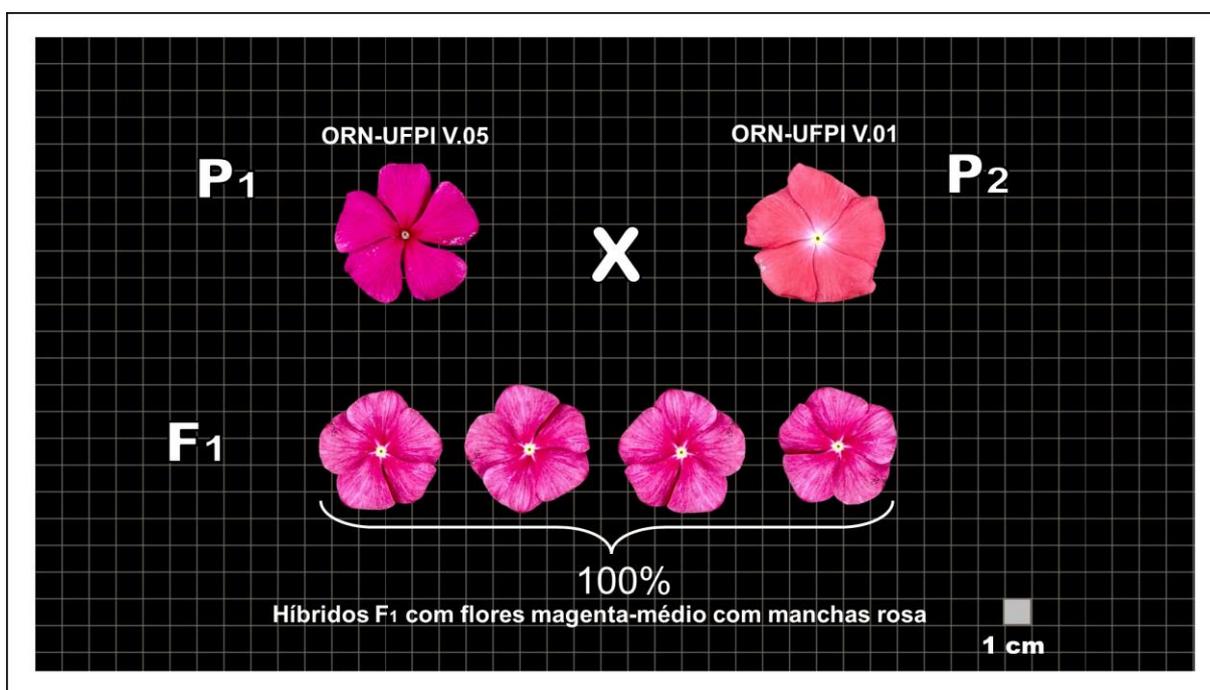
híbrido H4 rosa claro (*RHS* N75A), que exibiu pétalas levemente sobrepostas. Esse híbrido também se destacou pelo receptáculo amarelo e sombreamento entre rosa médio e o magenta (*RHS* 70B) no centro da flor.

A cor do receptáculo exibiu proporção de dois amarelos para um roxo (PF: 2:1). Já para a segunda cor, a do sombreamento no centro da flor, os híbridos exibiram cores rosa, roxa e branca.

Para o cruzamento 03 (ORN UFPI V.05 × ORN-UFPI V.01), entre plantas de flor vermelha clara (*RHS* 51B) e plantas com flores de cor magenta (*RHS* N74B) resultou apenas híbridos de cor magenta médio (*RHS* 70B) e com manchas entre o rosa e o roxo, *RHS* N74D e N87D (Figura 5.6).

Os genitores (ORN-UFPI V.05 e ORN-UFPI V.01) foram contrastantes para a cor do receptáculo e do sombreamento no centro da flor, onde P1 expressava as cores rosa e vermelho, respectivamente. E P2 exibiu amarelo para o receptáculo e branco para zona central da flor. No entanto, a caracterização dos híbridos revelou homogeneidade na F<sub>1</sub>, com todas as flores com receptáculo amarelo e zona central pequena e branca (Figura 5.6).

**Figura 5.6** – Diagramação do cruzamento entre as vincas (*C. roseus* (L.) G.Don), ORN-UFPI V.05 e ORN-UFPI V.01 e geração F<sub>1</sub> resultante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

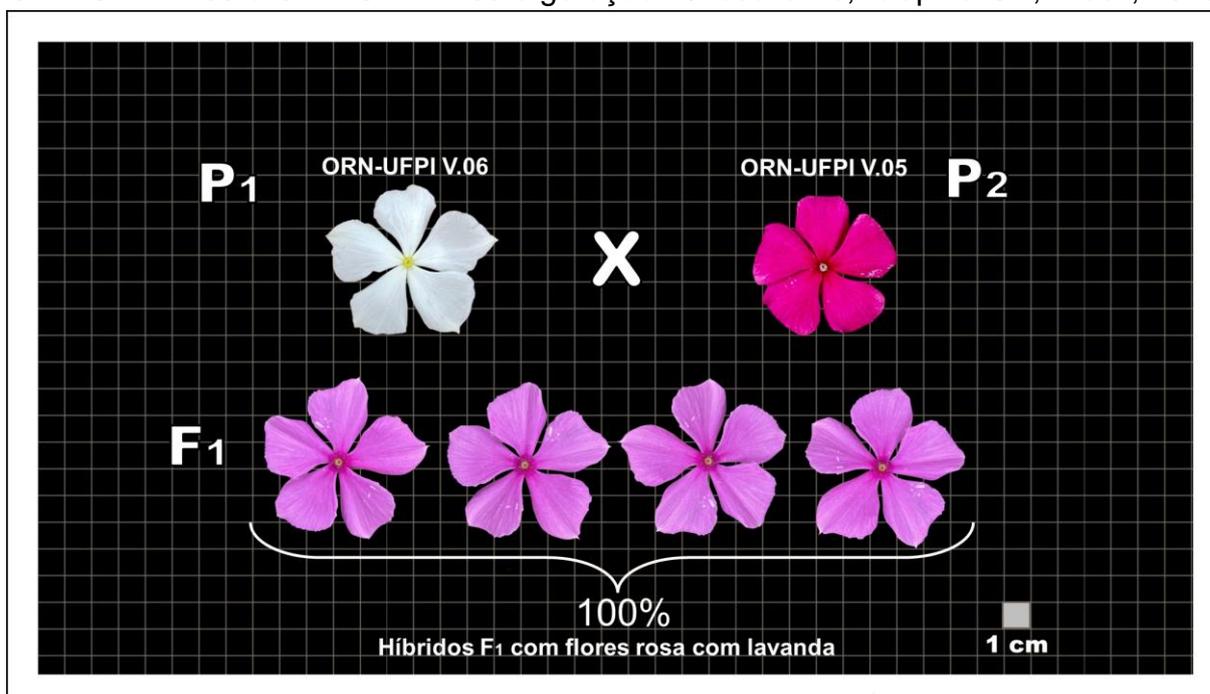
Para o porte da planta, o genitor P1 (ORN-UFPI V.05) exibiu porte ereto e P2 (ORN-UFPI V.01) exibiu porte semiereto, logo, são contrastantes. Esse cruzamento gerou 100% de progênies com porte ereto, indicando a possível ocorrência de dominância do porte ereto sobre o porte semiereto.

O uso da divergência genética entre genitores tem sido um importante critério de seleção, uma vez que a seleção de genitores contrastantes aumenta a possibilidade de selecionar combinações híbridas superiores, ou seja segregantes transgressivos (SANTOS, 2005; CEOLIN et al., 2007; BARILI et al., 2011).

Para as folhagens, os híbridos e P1 exibiram densidade intermediária, porém, P2 se caracterizou pela elevada densidade foliar. Já para a disposição das pétalas os genitores também foram contrastantes, P1 com pétalas encostadas e P2 com pétalas fortemente sobrepostas, já os híbridos em sua totalidade expressaram fenótipo intermediário aos fenótipos dos genitores, pétalas levemente sobrepostas (Figura 5.6).

Para o cruzamento de número 04 (ORN-UFPI V.06 × ORN-UFPI V.05), que foi caracterizado pela polinização artificial de plantas de flor branca (*RHS* NN155D) com plantas de flor magenta (*RHS* N74B) gerou apenas híbridos com flores de cor principal rosa (*RHS* 94B) com nuances de lavanda (*RHS* 91C e N87D) (Figura 5.7).

**Figura 5.7** – Diagramação do cruzamento entre as vincas (*C. roseus* (L.) G.Don), ORN-UFPI V.06 e ORN-UFPI V.05 e geração F<sub>1</sub> resultante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023

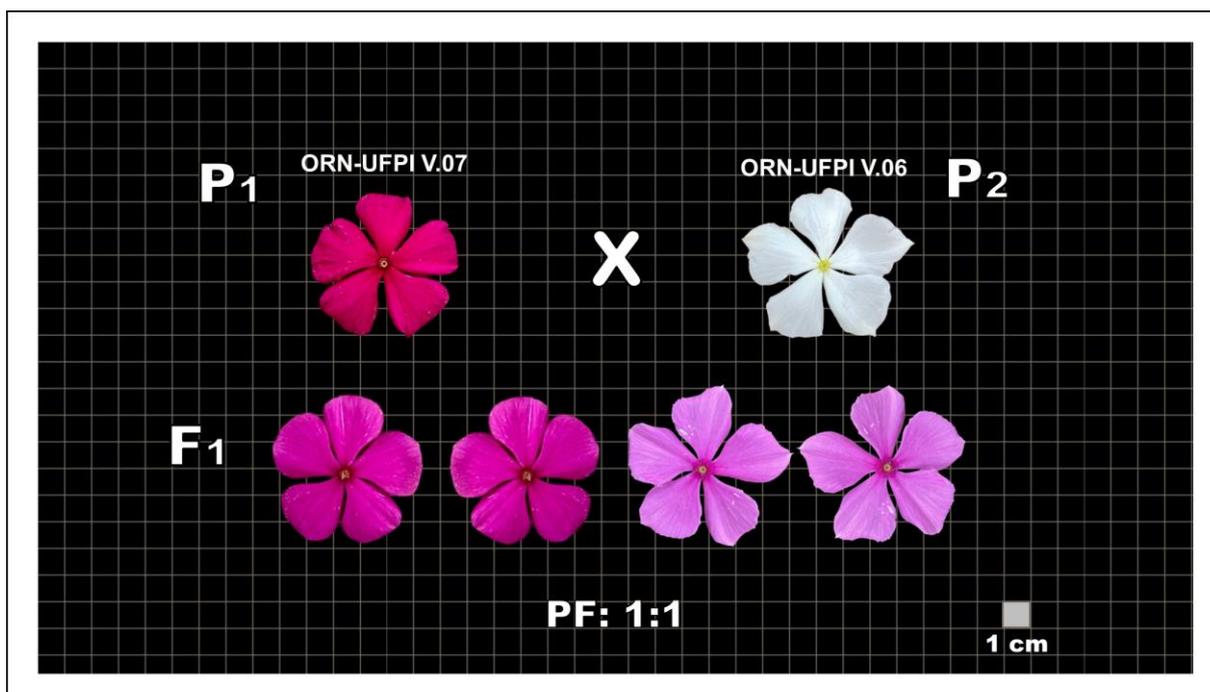


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os genitores ORN-UFPI V.06 x ORN-UFPI V.05, bem como os híbridos F<sub>1</sub> foram eretos, pétalas predominantemente livres, densidade foliar intermediária e com cor do receptáculo rosa, exceto o genitor feminino ORN-UFPI V.06 que exibiu receptáculo amarelo (Figura 5.7).

O cruzamento de número 05, entre os genitores, ORN-UFPI V.07 (P<sub>1</sub>), planta de flor de tom magenta (*RHS* N66A e N66B) e ORN-UFPI V.07(P<sub>2</sub>), planta de flor branca (*RHS* NN155D) geraram híbridos numa proporção fenotípica de uma flor rosa arroxeadada (*RHS* N74A e N74B) para uma flor rosa (*RHS* 94B) com nuances de lavanda (*RHS* 91C e N87D), ou seja, PF:1:1 para a cor principal da flor. Os genitores ORN-UFPI V.07 e ORN-UFPI V.06, bem como os híbridos F<sub>1</sub> foram eretos, pétalas predominantemente livres, densidade foliar intermediária e com cor do receptáculo rosa, exceto o genitor masculino ORN-UFPI V.06 que exibiu receptáculo amarelo (Figura 5.8).

**Figura 5.8** – Diagramação do cruzamento entre as vincas (*C. roseus* (L.) G.Don), ORN-UFPI V.07 e ORN-UFPI V.06 e geração F<sub>1</sub> resultante, Ibiapina-CE, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os cruzamentos ORN UFPI 06 × ORN-UFPI 05 e ORN-UFPI 07 × ORN-UFPI 06 exibiram combinações híbridas na geração F<sub>1</sub> com menor variabilidade genética, no entanto, na geração F<sub>2</sub> foi possível verificar maior segregação (Quadro 5.2, página 174).

Em relação aos híbridos da geração F<sub>2</sub> (Quadro 5.2) a autofecundação permitiu aumentar a frequência de cores promissoras para tons alaranjados e vermelhos nos híbridos ORN-UFPI V.01 × V.02 de número H3, H5, H11 e H3.

Vermelho em tons mais escuros também foram verificados na descendência F<sub>2</sub> de híbridos como ORN-UFPI V.01 × V.02 - F<sub>1</sub> (H10) e (H23) e em ORN-UFPI V.03 × V.04 - F<sub>1</sub> (H1).

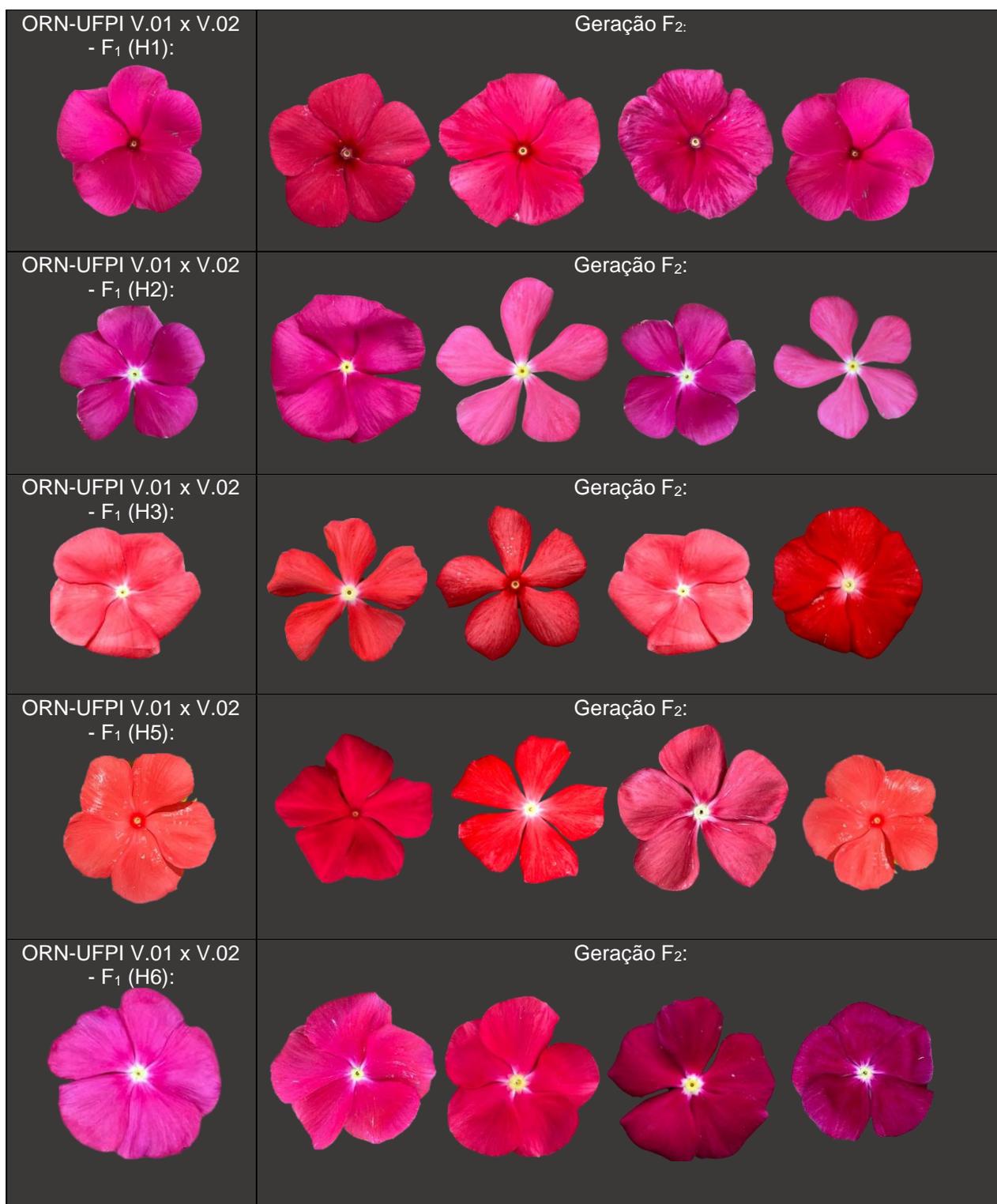
A partir da autofecundação do híbrido ORN-UFPI V.01 × V.02 F<sub>1</sub> (H6) (Quadro 5.2, página 167) verificou-se novamente variação transgressiva para a cor principal da corola. No entanto, em algumas progênes F<sub>2</sub>, a autofecundação resultou em híbridos com menor segregação para a cor principal como na descendência de ORN-UFPI V.01 × V.02 - F<sub>1</sub> (H12), (H18) e (H24), no entanto, merece destaque ORN-UFPI V.03 × V.04 - F<sub>1</sub> (H5) em que houve aumento considerável das corolas brancas na progênie F<sub>2</sub>.

Em relação a disposição das pétalas, houve o aumento da frequência de pétalas estreitas e livres na geração F<sub>2</sub> de todos os cruzamentos. Para o porte da planta, somente nos híbridos F<sub>2</sub> dos cruzamentos ORN-UFPI V.01 × ORN-UFPI V.02 houve aumento da frequência de plantas semieretas e prostadas, nos demais cruzamentos aqui apresentados, o porte ereto foi predominante.

No cruzamento ORN-UFPI V.03 × ORN-UFPI V.04 (Figura 5.5) todos os híbridos F<sub>1</sub> exibiram porte ereto, já na geração F<sub>2</sub>, a proporção fenotípica sofreu alterações para 3 eretos: 1 prostrado (PF = 3:1). No cruzamento ORN UFPI V.05 × ORN UFPI V.01 (Figura 5.6) todos os híbridos exibiram o porte ereto, já na geração F<sub>2</sub> de ORN UFPI V.05 × V.01 - F<sub>1</sub> (H1) a proporção também foi modificada para 3 eretos: 1 semiereto .

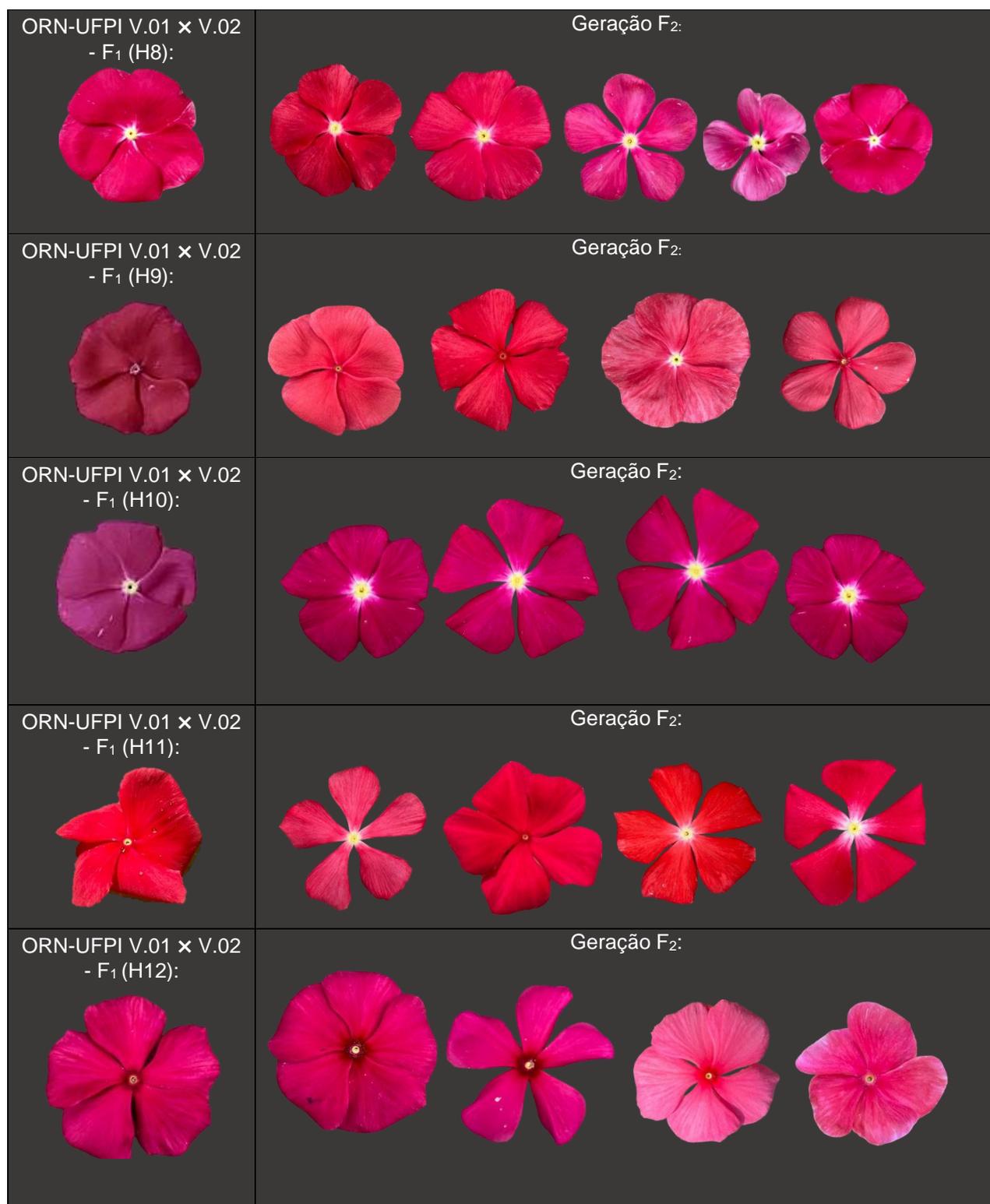
Assim, na descendência de ORN UFPI V.03 × V.04 e de ORN-UFPI V.05 × V.01 foi possível confirmar que porte ereto foi dominante aos portes semiereto e prostrado. O porte ereto também foi dominante em relação aos demais portes no estudo realizado por Sera (2001) com uma população F<sub>2</sub> do cruzamento entre as variedades de café (*Coffea arabica*) Catuaí Erecta" x 'IAPAR-59'.

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



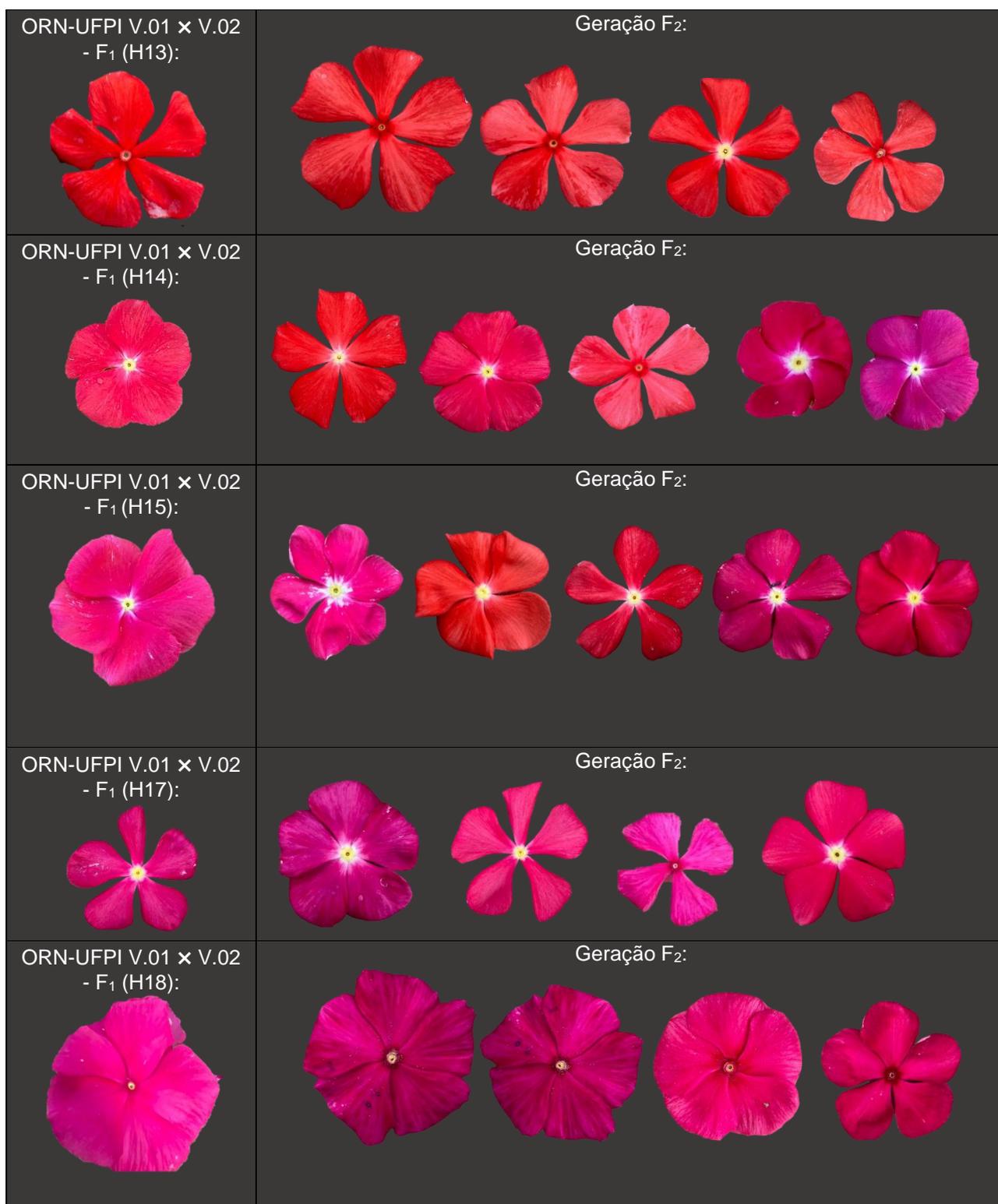
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



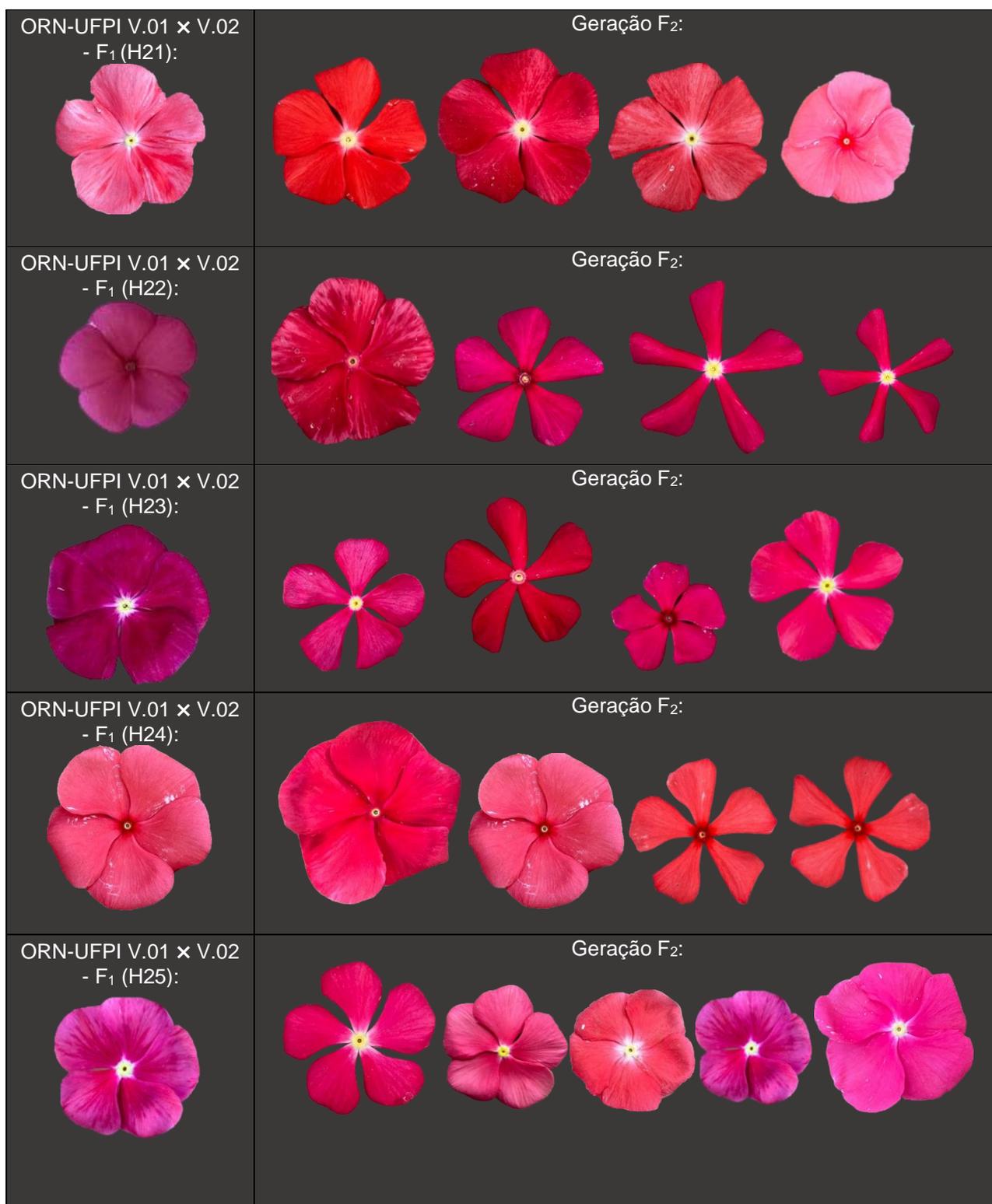
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



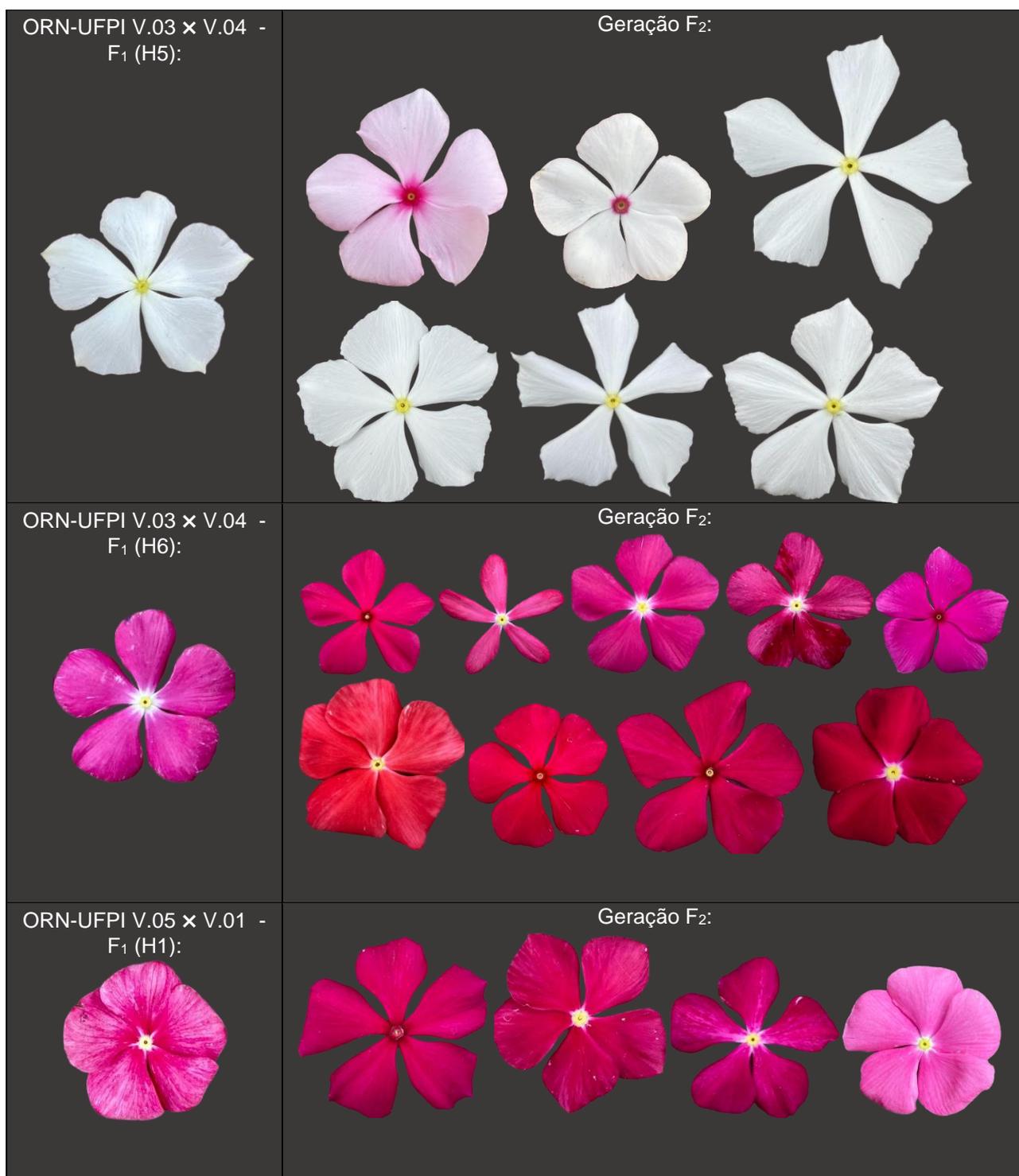
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



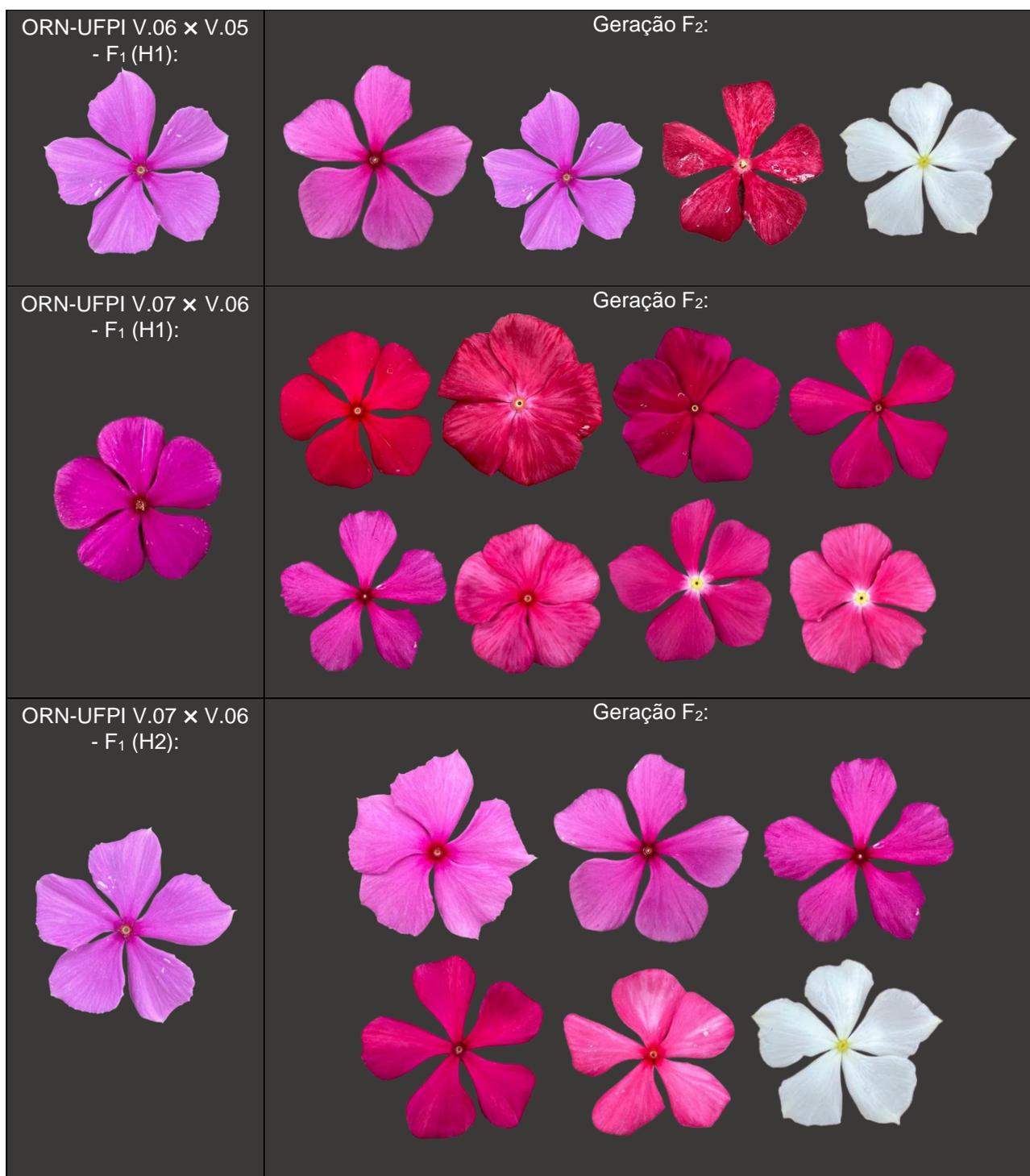
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

**Quadro 5.1** – Variabilidade fenotípica observada em híbridos da geração F<sub>2</sub>, obtida através da autofecundação de híbridos promissores da geração F<sub>1</sub> de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G.Don), Teresina, Piauí, Brasil, 2022 (Conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os genitores (ORN-UFPI V.05 e ORN-UFPI V.01) que foram contrastantes para a cor do receptáculo (rosa e amarelo) e para a cor central (vermelha e branca) e geraram apenas híbridos F<sub>1</sub> com receptáculo amarelo e zona central pequena e branca ao redor do receptáculo (Figura 5.6) tiveram as frequências mudadas para a proporção de três plantas com flores de receptáculo amarelo com pequena zona branca para uma planta com flor de receptáculo rosa com zona de centro vermelha, indicando um padrão de herança dominante (PF = 3:1).

Novos estudos devem ser feitos para a verificação de alelismo múltiplo entre os fenótipos para a cor do receptáculo e zona central (*eye zone*) e verificar a relação de dominância na interação dos alelos que expressam os portes semiereto e prostrado, uma vez que o porte ereto se apresentou como dominante nesse estudo.

Os genótipos aqui apresentados podem ter uso no melhoramento genético devido aos tons de vermelho e laranja obtidos (KULKARNI; BASKARAN; SREEVALLI, 2005; ABDELMAGEED; ABDELRAHMAN, 2017) e devido ao formato pétalas mais rústicas que podem atrair novos consumidores de flores (CHEN; YEH, 2012; CHEN; WEI; YEH, 2012).

Os genótipos também podem ser utilizados em aulas práticas na educação básica ou no ensino superior, em disciplinas de ciências naturais, biologia e genética e junto a estes genótipos há a possibilidade de elaboração de um material didático para o uso da hibridação nas aulas de genética, que podem ser destinados aos professores da área e, que devido à fácil disponibilidade de germoplasma de vinca, pode ser reproduzido facilmente em escolas e universidades de todo o Brasil.

### 5.3 Conclusões

A variabilidade obtida nos híbridos, apresentando caracteres recombinantes de seus genitores, valida o método de polinização artificial desenvolvido para a hibridação em *Catharanthus roseus*.

O cruzamento entre plantas de vinca de flor vermelha clara (*RHS Colours 51B*) com plantas de flor rosa-escura (*RHS 53C*) gerou maior variabilidade em F<sub>1</sub>, 25 híbridos, e gerou híbridos com cores promissoras para tons laranja *RHS 33C* e *N30A*.

Na geração F<sub>2</sub> houve o aumento da frequência de genótipos com as cores laranja (*RHS* 33C e N30A), vermelho escuro (*RHS* 46A) e magenta escuro (*RHS* 59A e 59B), resultado promissor, uma vez que tais cores de flor em vinca ainda são incomuns no mercado de flores brasileiro.

## Referências

ABED, A. S. et al. Alkaloid accumulation in *Catharanthus roseus* L. *in vitro* culture enhanced via Ag e Tio<sub>2</sub> nanoparticles. **SABRAO Journal of Breeding & Genetics**, v. 55, n. 4, 2023.

ABDELMAGEED, A. H.; ABDELRAHMAN, M. E. Genetics of flower color in Periwinkle *Catharanthus roseus* (L) G. Don. **International Journal of Genetics and Genomics**, v. 5, n. 4, p. 36-41, 2017.

BARILI, L. D. et al. Escolha de genitores contrastantes para compor o bloco de cruzamentos de genótipos de feijão. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 3, 2011.

BARRALES-CUREÑO, H. B. Pharmacological applications and *in vitro* biotechnological production of anticancer alkaloids of *Catharanthus roseus*. **Biotecnología Aplicada**, v. 32, n. 1, p. 1101-10, 2015.

BEGUM, F. Augmented production of vincristine in induced tetraploids of *Agrobacterium* transformed shooty teratomas of *Catharanthus roseus*. **Medicinal Plants-International Journal of Phytomedicines and Related Industries**, v. 3, n. 1, p. 59-64, 2011.

CEOLIN, A. C. G. et al., Genetic divergence of the common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morphoagronomic traits by multivariate analysis. **Hereditas**, v.144, p.1-9, 2007.

CHEN, C. M; WEI, T. Y.; YEH, D. M. Morphology and inheritance of double floweredness in *Catharanthus roseus*. **HortScience**, v. 47, n. 12, p. 1679-1681, 2012.

CHEN, C. M; YEH, D, M. 'Taoyuan No. 1 Rose Girl': A Double-flowered Periwinkle, *Catharanthus roseus*. **HortScience**, v. 47, n. 8, p. 1175-1176, 2012.

DUARTE, J. B; VENCOVSKY, R. Estimação e predição por modelo linear misto com ênfase na ordenação de médias de tratamentos genéticos. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 109-117, 2001.

FLORA DO BRASIL (2023). **Catharanthus in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB80256>>. Acesso em: 24 out. 2023.

FELTRIN. **Vinca Sortida**. Feltrin Sementes. Farroupilha. Disponível em: <<https://www.sementesfeltrin.com.br/produtos/vinca-rosea-sortida/186>>. Acesso em: 13 de set. 2023.

ISLA. **Vinca Sortida / Boa Noite**. ISLA Sementes. Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.isla.com.br/produto/vinca-sortida-boa-noite/461>>. Acesso em: 13 de set. 2023.

JHANG, T.; DWIVEDI, S.; SHARMA, S. Classical Breeding and Trait Genetics in *Catharanthus*. In: **The Catharanthus Genome**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 35-83.

KAUSHIK, S. et al. An overview of *Catharanthus roseus* and medicinal properties of their metabolites against important diseases. **European Academic Research**, v. 5, n. 2, p. 1237-1247, 2017.

KULKARNI, R.; BASKARAN, K.; JHANG, T. Breeding medicinal plant, periwinkle [*Catharanthus roseus* (L) G. Don]: a review. **Plant Genetic Resources**, n. 14, v. 4, p. 283-302, 2016.

KULKARNI, R. N.; BASKARAN, K.; SREEVALLI, Y. Genetics of novel corolla colours in periwinkle. **Euphytica**, v. 144, p. 101-107, 2005.

KUMAR, S. et al. Development of improved horticultural genotypes characterized by novel over-flowering inflorescence trait in periwinkle *Catharanthus roseus*. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 82, p. 399-404, 2012.

KUMAR, S.; SINGH, B.; SINGH, R. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don: A review of its ethnobotany, phytochemistry, ethnopharmacology and toxicities. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 284, p. 114647, 2022.

LORENZI, H; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 1088p.

MALLIK, J. et al. Pharmacological profile of *Catharanthus roseus* (Apocynaceae) - a detailed review. **Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development**, v. 1, n. 3, p. 1-6, 2013.

MISHRA, J. N.; VERMA, N. K. A brief study on *Catharanthus roseus*: A review. **International Journal of Research in Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 2, n. 2, p. 20-23, 2017.

MOURA, M. F. et al. Parâmetros genéticos da resistência da soja ao nematoide de cisto raça 1. **Bragantia**, v. 67, p. 119-125, 2008.

PACHECO, J. M. Contribuição ao estudo anatômico da espécie *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. var. *roseus* (Apocynaceae). **Rodriguésia**, v. 32, n. 52, p. 39-54, 1980.

SANTOS, V. S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseada em índices**. 104f. Tese (Doutorado Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SERA, G. H. et al. Herança da característica erecta (Er) da ramificação plagiotrópica e sua relação com o vigor vegetativo em população F2 do cruzamento “Catuaí Erecta” x ‘IAPAR-59’. **Anais...** 2º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória. Embrapa Café. p.1357-1362, 2001.

SHALA, A.; DENG, Z. Investigation of morphological and anatomical changes in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don due to colchicine induced polyploidy. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 5, n. 3, p. 233-243, 2018.

SHARIATIPOUR, N.; HEIDARI, B.; RICHARDS, C. Meta-QTL for morphological traits and pharmaceutical alkaloids in periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) ‘G. Don’). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 98, n. 1, p. 87-98, 2023.

SOUZA, V. C.; LOREZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012, 768p.

VIDAL, W. N. VIDAL, M. R. R. **Botânica – Organografia**: Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos. 4 ed. rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013. 124p.

## 6 SELEÇÃO DE ROSEIRAS TERMOTOLERANTES

### Resumo

O estresse térmico por altas temperaturas ambientais é uma ameaça à produção agrícola em todo o mundo. Surge então a necessidade de seleção de plantas com termotolerância, que se refere à capacidade de um organismo de lidar com temperaturas excessivamente altas. Temperaturas elevadas têm sido um importante fator abiótico e limitante no cultivo de rosas, por exemplo, impedindo o crescimento adequado da planta e reduzindo seu valor de mercado. Assim, objetivou-se com o presente estudo caracterizar roseiras e selecionar genótipos com potencial termotolerante. Foram realizadas coletas de roseiras nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, em cidades com locais de clima semiúmido a semiárido. O germoplasma coletado (45 genótipos) foi avaliado em telados na cidade de Ibiapina na Serra da Ibiapaba, no Ceará e no Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Piauí, em Teresina-PI. As avaliações nos dois ambientes ocorreram de maio a outubro dos anos de 2022 e 2023, respectivamente. Os genótipos foram delineados inteiramente ao acaso, com três repetições, com uma planta por parcela, e caracterizados com base em 18 descritores, sendo 14 qualitativos multicategóricos e quatro quantitativos. Os dados dos descritores quantitativos foram submetidos à análise estatística descritiva, com valores de média, mínimo, máximo e desvio-padrão. Os dados dos descritores qualitativos multicategóricos foram ponderados a partir da moda observada. O estresse térmico afetou a longevidade e a qualidade de roseiras, especialmente em relação aos caracteres diâmetro da flor e número de flores por planta. Temperaturas elevadas (acima de 35 a 48° C), no segundo ambiente, causaram efeitos negativos de redução da persistência das flores, murchamento de folhas e pétalas e mudanças na aparência das folhas e hastes, principalmente em relação a queimadura. Dentre os genótipos avaliados, 16 mantiveram aspectos estéticos comerciais que não foram afetados pelo calor, como a não redução no diâmetro da flor (genótipos: 04; 05, 06, 09 e 12 ), queimaduras leves nas folhas e hastes (16, 30 e 40) manutenção da cor padrão da corola (genótipos 25 e 40), baixa abscisão floral e foliar (10, 29, 41 42 e 43), ou apresentaram precocidade na floração (01, 04 e 05), manutenção do número de pétalas (01 e 36) e persistência da floração (30 e 40) manifestaram potencial termotolerante e devem ser avaliados em estudos de termoestabilidade e de melhoramento visando resistência à altas temperaturas.

**Palavras-chave:** Altas temperaturas; Estresse térmico; *Rosa* spp.; Termotolerância.

## 6 SELECTION OF ROSES WITH THERMOTOLERANCE

### Abstract

Thermal stress due to high environmental temperatures is a threat to agricultural production worldwide. Therefore, there is a need to select plants with thermotolerance, which refers to the ability of an organism to cope with excessively high temperatures. High temperatures have been a significant abiotic and limiting factor in rose cultivation, for example, hindering proper plant growth and reducing its market value. Thus, the present study aimed to characterize rose plants and select genotypes with thermotolerant potential. Rose collections were made in the states of Ceará, Piauí, and Maranhão, in cities with semi-humid to semi-arid climates. The collected germplasm (45 genotypes) was evaluated in greenhouses in the city of Ibiapina, Serra da Ibiapaba, Ceará, and at the Department of Crop Science of the Universidade Federal do Piauí, in Teresina-PI. The evaluations in both environments took place from May to October of the years 2022 and 2023, respectively. The genotypes were completely randomized with three replications, with one plant per plot, and characterized based on 18 descriptors, including 14 multi-categorical qualitative descriptors and four quantitative descriptors. The data from the quantitative descriptors were subjected to descriptive statistical analysis, with mean values, minimums, maximums, and standard deviations. The data from the multi-categorical qualitative descriptors were weighted based on the observed mode. Thermal stress affected the longevity and quality of rose plants, especially regarding flower diameter and number of flowers per plant. High temperatures (above 35 to 48°C), in the second environment, caused negative effects such as reduced flower persistence, wilting of leaves and petals, and changes in the appearance of leaves and stems, mainly related to burning. Sixteen genotypes maintained commercial aesthetic aspects that were not affected by heat, such as no reduction in flower diameter (Genotypes: 04, 05, 06, 09, and 12), mild leaf and stem burning (16, 30, and 40), maintenance of the standard corolla color (Genotypes 25 and 40), low floral and leaf abscission (10, 29, 41, 42, and 43), or exhibited early flowering (01, 04, and 05), maintenance of the number of petals (01 and 36), and flower persistence (30 and 40) showed thermotolerant potential and should be evaluated in studies of thermo-stability and improvement aiming at resistance to high temperatures.

**Keywords:** High-temperature; Heat stress; *Rosa* spp.; Thermotolerance.

## 6.1 Introdução

Rosaceae apesar de apresentar distribuição cosmopolita possui poucas espécies nativas do Brasil. Porém, esta é uma das principais famílias do ponto de vista econômico. Diversas frutas consumidas no país pertencem a esta família, incluindo a maçã (*Malus sylvestris*), a pêra (*Pyrus communis*), o pêssego (*Prunus persica*), o morango (*Fragaria ananassa*), a ameixa (*Prunus domestica*), a cereja (*Prunus cerasus*) e a framboesa (*Rubus idaeus*). Entre as espécies ornamentais destaca-se a rosa (*Rosa* spp.) (SOUZA; LORENZI, 2012).

Há um desacordo significativo sobre o número de espécies verdadeiras de rosas, uma vez que algumas espécies são tão semelhantes que poderiam facilmente ser consideradas variações de uma única espécie, enquanto outras espécies apresentam variação suficiente para serem facilmente consideradas espécies diferentes. Muitas listas de espécies de rosas geralmente mostram mais de 320, entretanto, a lista do *Royal Botanic Gardens* (2023), do Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido confirma apenas 262 espécies para o gênero *Rosa*.

*Rosa* é a flor mais produzida no Brasil, evidentemente é a mais consumida também (IBRAFLOR, 2021). Somente as rosas de corte têm um volume de negócios estimado em mais 735 milhões de euros na Holanda, em comparação com 294 milhões anuais da segunda ornamental de corte, o crisântemo, isso torna *Rosa* o gênero mais importante, economicamente, da horticultura ornamental mundial (FLORAHOLLAND, 2015).

O estresse térmico, devido às altas temperaturas ambientais é uma séria ameaça à produção agrícola em todo o mundo (HALL, 2001; PRASAD; BHEEMANAHALLI; JAGADISH, 2017; SHEKHAWAT et al., 2022). Altas temperaturas têm sido um importante fator abiótico limitante no cultivo de rosas (*Rosa* spp.) impedindo o crescimento adequado da planta e reduzindo o valor de mercado da cultura. Temperaturas elevadas afetam a produção de rosas desde a obtenção e enraizamento das estacas, no cultivo em viveiro, até a instalação da planta no ambiente a qual fará a composição paisagística (GREYVENSTEIN et al., 2014; LAU et al., 2019).

O estresse térmico afeta ainda longevidade e a qualidade de roseiras, e diversos estudos descrevem alterações morfológicas que prejudicam caracteres morfoagronômicos importantes como: o número de dias para o florescimento; diâmetro da flor; número de flores por planta; peso da flor; número de pétalas por flor; número de nós vegetativos antes da floração e cor da corola. Temperaturas elevadas (> 30°C) ainda causam efeitos negativos de redução do diâmetro do caule e do comprimento das hastes, murchamento de pétalas e mudanças na aparência das folhas e hastes, principalmente em relação a queimaduras (MOE, 1975; DELA et al., 2003; SHIN et al., 2001; GROSSI et al., 2004; WAHID et al., 2007; GREYVENSTEIN, 2013; GITONGA et al., 2014; GREYVENSTEIN et al., 2014, LIANG et al., 2017).

A floricultura já acumula prejuízos devido às altas temperaturas, como ocorre em relação a comercialização de roseiras de vaso e para jardim, em que o declínio de vendas de rosas se dá devido à ausência de cultivares adaptadas à ambientes cada vez mais quentes (GREYVENSTEIN et al., 2014).

Dada a previsão de aumento na temperatura média global, as plantas enfrentarão uma maior frequência de eventos de altas temperaturas (HOEGH-GULDBERG, 2018). Sendo a capacidade de lidar com períodos de altas temperaturas, também conhecida como termotolerância, uma característica cada vez mais indispensável para o futuro da agricultura (SHEKHAWAT et al., 2022).

Assim, a termotolerância refere-se à capacidade de um organismo de lidar com temperaturas excessivamente altas (VIERLING, 1991). Contudo, diferentes genótipos de culturas agrícolas variam em suas temperaturas ideais de crescimento e tolerância ao calor nos vários estágios ao longo de seus ciclos de vida (SHEKHAWAT et al., 2022), cabendo aos melhoristas realizar a correta seleção de germoplasma adaptados às condições estressantes como o calor.

Além das caracterizações de variedades e triagem de campo, um protocolo para fenotipagem da tolerância a altas temperaturas em roseiras ainda não foi estabelecido (GREYVENSTEIN et al., 2014), o que justifica a necessidade de estudos visando o entendimento da natureza da termotolerância em rosas ou estudos pontuais que resultem na seleção de genótipos de roseiras tolerantes às altas temperaturas, principalmente em regiões com potencial para comercialização de flores. Em virtude disso, objetivou-se no presente estudo caracterizar roseiras e selecionar genótipos com potencial termotolerante.

## 6.2 Material e Métodos

Foram realizadas coletas de roseiras nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão (Tabela 6.1 e Figura 6.1), em locais de clima semiúmido a semiárido. A coleta do germoplasma foi realizada por meio de estacas que foram enraizadas em substrato comercial Reijers® e enriquecido com Fertilizante Forth Enraizador®.

A maior parte dos genótipos foram obtidos em jardins, praças, feiras livres ou em pequenas floriculturas nos municípios da Serra da Ibiapaba, no Ceará. Foram priorizados os locais em que o bioma era Caatinga ou locais de zonas de transição, como matas de Carrasco, em que ambos predominam o clima semiárido. Nas cidades do Piauí e Maranhão, a prospecção do germoplasma aconteceu por meio de doações de plantas já enraizadas em solo arenoso.

As roseiras foram cultivadas em vasos de plástico flexível (Tipo Holambra NP 14 e 20) contendo substrato comercial Reijers® e passaram por avaliações em dois ambientes. No primeiro ambiente, as roseiras foram protegidas em estufa agrícola convencional (estrutura de madeira, ferro galvanizado e cobertura polietileno transparente de baixa densidade), situada no Sítio Jurema Norte, no município de Ibiapina, na Serra da Ibiapaba, Ceará, a 850 m de altitude, 03°56'07" de latitude S e 40°56'28" de longitude W, no período de maio a outubro de 2022, com leituras por termo-higrômetro indicando variação de temperatura de 18 a 34°C (Medição meteorológica - Anexo 3).

No segundo ambiente, os genótipos foram instalados em telado (sombrite 50%), localizado no Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí, no município de Teresina - PI, localizado a 72,7m de altitude, 05°05'05" de latitude S e 42°05' de longitude W, no período de maio a outubro de 2023, com leituras por termo-higrômetro indicando variação de temperatura de 24 a 48°C (Medição meteorológica - Anexo 3).

**Tabela 3.1** - Identificação dos genótipos de *Rosa* spp. coletados nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, para caracterização visando seleção de genótipos termotolerantes, Brasil, 2023

<b>Número do genótipo</b>	<b>Nome comum</b>	<b>Local da coleta</b>
01	Rosa branca	Carnaubal - CE
02	Rosinha laranja mamão	Ibiapina - CE
03	Rosinha vermelha	Ibiapina - CE
04	Mini rosa amarela	São Benedito - CE
05	Rosinha creme	Ibiapina - CE
06	Rosa spray rosa e branca	São Benedito - CE
07	Rosa trepadeira lavanda	São Benedito - CE
08	Rosa spray vermelha	São Benedito - CE
09	Rosa spray rosa-médio	São Benedito - CE
10	Rosa-trepadeira rosa-claro	São Benedito - CE
11	Rosa laranja com creme	Ubajara - CE
12	Rosa spray branca e rosa	Ibiapina-CE
13	Rosa spray de cachos	São Benedito - CE
14	Rosa-de-cachos vermelha	Ibiapina-CE
15	Rosa grande rosa-claro	Ibiapina - CE
16	Rosa laranja-claro	Carnaubal - CE
17	Rosa rosa-claro	Tianguá - CE
18	Rosa bicolor	Ibiapina - CE
19	Rosa-de-corte rósea	Carnaubal - CE
20	Mini rosa pink	Caxias - MA
21	Rosinha amarela alaranjada	São Benedito - CE
22	Rosa vermelha rosada	Caxias - MA
23	Rosa grande rosa-escuro	Ibiapina - CE
24	Rosa-chá grande	Viçosa-do-Ceará - CE
25	Rosinhas rosa-escuro	Ibiapina - CE
26	Rosa creme com rosa	São Benedito - CE
27	Rosa vermelha grande	Tianguá - CE
28	Rosa amarela grande	Ibiapina - CE
29	Rosa laranja-escuro	São Benedito - CE
30	Rosa-de-fogo	Ibiapina - CE
31	Rosinha rosa	Timon - MA
32	Rosa arroxeadada	Tianguá - CE
33	Rosa-de-chá média	Carnaubal - CE
34	Rosinha branca	Várzea Grande - PI
35	Rosa La France	Ibiapina - CE
36	Rosa rosa-escuro	São Benedito - CE
37	Rosa creme grande	Carnaubal - CE
38	Rosa mocinha	Teresina - PI
39	Rosa mocinha	Altos - PI
40	Rosinha branca	Altos - PI
41	Rosa grande laranja	Teresina - PI
42	Rosa grande rosa	Teresina - PI
43	Rosa grande lilás	Teresina - PI
44	Rosa vermelha escarlata	Ibiapina - CE
45	Rosa trepadeira	Coelho Neto - MA

**Figura 6.1** – Roseiras coletadas nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, para caracterização visando seleção de genótipos termotolerantes, Brasil, 2023 (Continua)



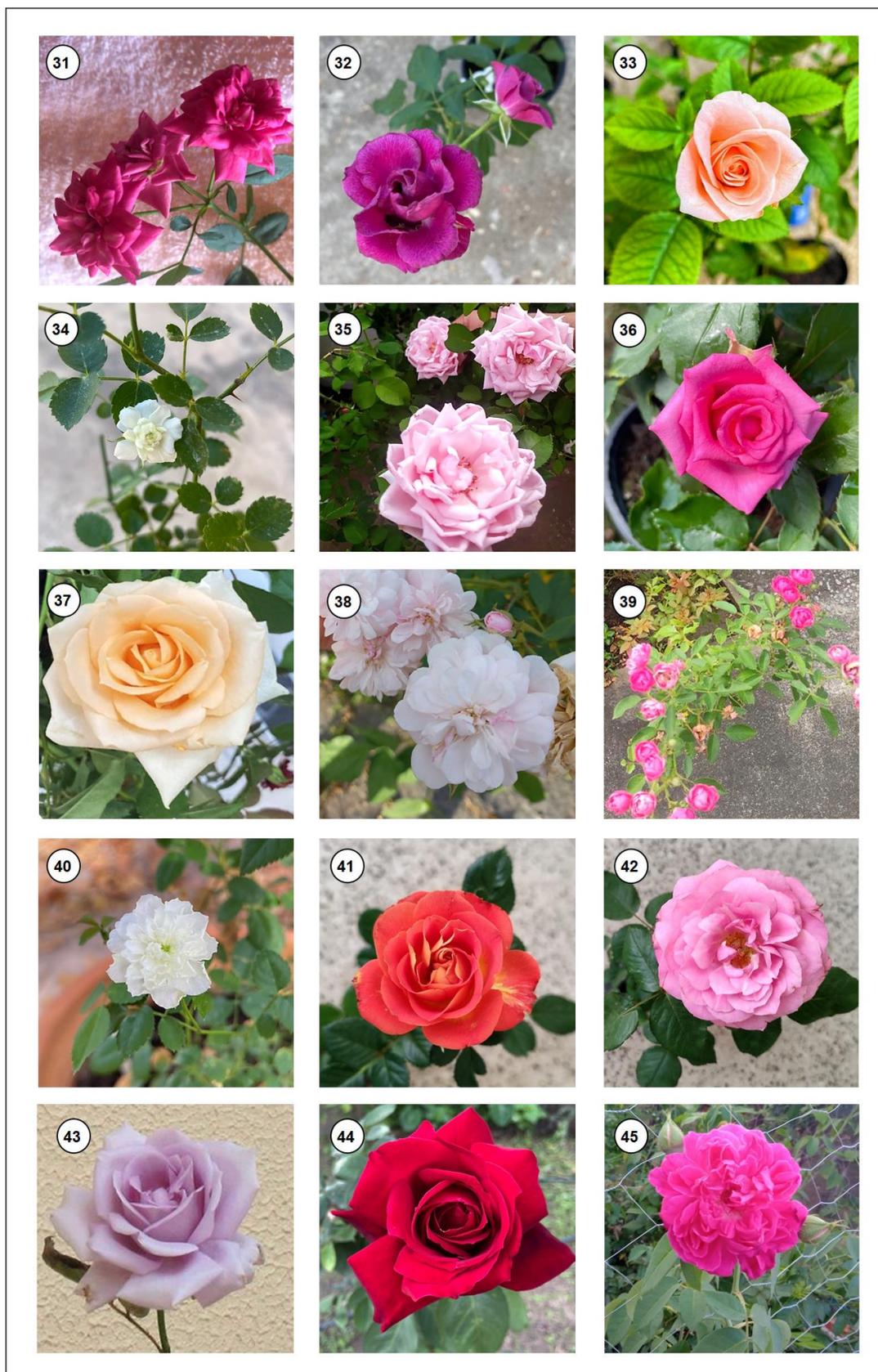
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

**Figura 6.1** – Roseiras coletadas nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, para caracterização visando seleção de genótipos termotolerantes, Brasil, 2023 (Continua)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

**Figura 6.1** – Roseiras coletadas nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, para caracterização visando seleção de genótipos termotolerantes, Brasil, 2023 (Conclusão)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As temperaturas acima de 40°C no segundo ambiente, Teresina, foram explicadas pela ocorrência do fenômeno *El Niño* no Brasil no ano de 2023 (BRASIL, 2023), e após as ondas de calor, os genótipos remanescentes foram transplantados para vasos de cerâmica de 30 litros e conservados no bosque do Departamento de Fitotecnia.

Em relação aos tratos culturais, a adubação de fundação foi feita com NPK (10-10-10). Para potencializar o florescimento das roseiras, bimestralmente, foram realizadas adubações ricas em fósforo, com fertilizante granulado NPK (8-12-10) ou líquido NPK 4-14-8. Mensalmente foi aplicado fertilizante mineral misto via foliar VitaPlan Rosas®. Quinzenalmente foram realizadas aplicações de fertilizante foliar Amino AgRoss®, segundo a recomendação do fabricante para flores e plantas ornamentais.

O controle de pragas durante a condução de todo o experimento foi realizado com soluções de vinagre, detergente e água (15 mL/15 mL/ 500 mL) para o combate de pulgões e cochonilhas. Também foram utilizados inseticida comercial a base de *neem* (Azadiractina) Forth Defende® e Cupinicida/formicida Zodrin 400ce (Cipermetrina) Kelldrin®, conforme recomendação dos fabricantes.

Para a desinfestação de fungos foram realizadas aspersões com solução de bicarbonato de sódio (15 g/500mL de água) e soluções de água oxigenada (3%) (30 mL/500mL de água). Também foram aplicados fungicidas comerciais Forth Jardim® e Sulfato de Cobre Cupro Dimy®, ambos utilizados conforme recomendação dos fabricantes.

Nos dois ambientes, os genótipos foram delineados inteiramente ao acaso, com três repetições, uma planta por parcela, e caracterizados com base em 18 descritores, sendo quatro descritores quantitativos e 14 qualitativos multicategóricos.

Os descritores morfoagrômicos foram elaborados e/ou adaptados da lista de descritores de *Rosa* spp. publicados pelo *International Union for the Protection of New Varieties of Plants* (UPOV, 2006), a fim de verificar a ocorrência de genótipos com potencial termotolerante. Foram mensurados cinco descritores quantitativos:

1. Número de dias para o florescimento (NDF) – número de dias desde a poda comercial, até a antese do primeiro botão floral comercial.
2. Diâmetro da inflorescência (DINF) - corresponde à média do diâmetro de cinco flores maduras, tomadas ao acaso, em centímetros.

3. Número de flores por planta (NFP) – refere-se a média do número total de botões florais por genótipo.
4. Número de pétalas por inflorescência (NPINF) – refere-se a média do número de pétalas de cinco flores comerciais maduras, tomadas ao acaso, por genótipo.

E 14 foram os descritores qualitativos multicategóricos:

1. Porte da planta (PDP) - (1) miniatura; (3) ereta; (5) arbustiva; (7) trepadeira; (9) rasteira.
2. Cor principal da flor (CPFlor) – indicar código da cor (Cartela de cores RHS - *Royal Horticultural Society Colour Chart*).
3. Cor secundária da flor (CSFlor) – indicar código da cor (Cartela de cores RHS - *Royal Horticultural Society Colour Chart*).
4. Murchamento de pétalas (MURCH) – (0) ausente; (1) leve; (3) moderado; (5) elevado.
5. Manchas de queimaduras nas hastes (MQHst) – (0) ausentes; (1) leves; (3) moderadas; (5) intensas.
6. Manchas de queimaduras nas folhas (MQFol) – (0) ausentes; (1) leves; (3) moderadas; (5) intensas.
7. Manchas de queimaduras nas pétalas das flores (MQFlor) – (0) ausentes; (1) leves; (3) moderadas; (5) intensas.
8. Antocianina nos caules e hastes (ANT) – (0) ausente; (1) presente.
9. Antocianina no cálice da flor (ANTflor) – (0) ausente; (1) presente.
10. Persistência da floração (PSFlor) – (1) ruim; (3) regular; (5) boa; (7) excelente.
11. Abortamento de botões florais (ABflor) - (1) baixo; (3) moderado; (5) elevado.
12. Incidência de doenças (INCID) - (1) baixa; (3) média; (5) Alta.
13. Incidência de pragas (INPR) - (1) baixa; (3) média; (5) Alta.
14. Aspecto geral da planta (ASP) – (1) ruim; (3) regular; (5) bom; (7) excelente.

Os dados dos descritores quantitativos foram submetidos à análise estatística descritiva, com valores de média, mínimo, máximo e desvio-padrão. Já os dados dos descritores qualitativos multicategóricos foram ponderados a partir da moda

observada. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Development Core Team, 2018).

### 6.3 Resultados e Discussão

Para o número de dias para o florescimento (NDF), após poda comercial, no ambiente 1, as médias variaram de 13,8 dias (Genótipo 01) a 40,4 dias (Genótipo 20) e os coeficientes de variação (CV) variaram de 5,3% (Genótipo 39) a 29,8% (Genótipo 29). Pimentel-Gomes (1985) classifica como elevados CV's acima de 30%, portanto, para esse descritor no ambiente 1 (Tabela 3.1) houve variações, dentro e entre os genótipos, satisfatórias.

No ambiente 2, o florescimento após a poda variou de 16,8 dias (Genótipo 05) a 39,2 dias (Genótipo 36), e os CV's variaram de 4,7% (Genótipos 11 e 15) a 35,5%.

O CV mais elevado verificado no ambiente 2, Teresina (24 – 48°C), é justificado pela alta incidência de queimaduras e abortamentos de botões florais nos genótipos nesse ambiente, que interfere na mensuração do descritor, e na produtividade a longo prazo do genótipo avaliado. Além disso, com a avaliação desse descritor, 16 genótipos não floresceram ou não resistiram às altas temperaturas, sendo considerados, portanto, não tolerantes (Genótipos: 02, 07, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 27, 31, 35, 37, 38, 39 e 44).

Os genótipos no ambiente 2 exibiram valores (mínimos, médios e máximos) superiores aos verificados no ambiente 1 para o NDF. Pela média, verificou-se que alguns genótipos podem ter atraso na produção em mais de 10 dias (Genótipos: 8, 16, 17, 33 e 36) (Figura 3.1).

Os genótipos 04, 05, 10, 40, 41, 42, 43 e 45 exibiram média diferindo em menos de três dias para NDF (Figura 3.1), quando comparamos os dois ambientes, o que pode indicar estabilidade para o caráter, e ainda que para esse descritor os genótipos foram promissores.

**Tabela 3.1 – Número de dias para o florescimento (NDF) de roseiras (*Rosa* spp.), em dois ambientes, durante avaliação de genótipos visando termotolerância, Brasil, 2023**

Genótipo	Ambiente 1 - Ibiapina-CE (18 – 34°C)					Ambiente 2 - Teresina-PI (24 – 48°C)				
	Média	Min	Max	DP	CV(%)	Média	Min	Max	DP	CV(%)
01	13,8	13	15	1,1	7,9	21,6	16	28	4,8	22,1
02	17	15	20	2,1	12,5	–	–	–	–	–
03	17	15	20	2,0	11,8	25,6	22	30	4,1	16,0
04	17,8	15	20	1,9	10,8	19,6	15	25	3,6	18,6
05	14,4	13	16	1,3	9,3	16,8	13	20	2,8	16,5
06	16,4	15	18	1,5	9,2	21,2	15	32	7,5	35,5
07	21	15	25	4,2	19,9	–	–	–	–	–
08	17,4	13	22	3,6	21,0	29	22	35	5,1	17,6
09	18,6	15	25	4,2	22,4	25	18	31	5,6	22,4
10	23,8	18	30	4,8	20,2	21,2	18	28	3,9	18,4
11	31,2	28	36	3,6	11,6	37,8	36	40	1,8	4,7
12	17,6	15	20	1,8	10,3	21	15	26	4,5	21,6
13	18,8	15	22	2,6	13,8	30	20	40	7,9	26,4
14	30	26	32	2,8	9,4	–	–	–	–	–
15	22	20	25	2,1	9,6	30	28	32	1,4	4,7
16	19,4	15	25	4,3	22,3	31	28	35	2,9	9,4
17	24	20	28	3,1	12,8	37	30	45	5,7	15,4
18	27	20	35	5,7	21,1	–	–	–	–	–
19	23,4	20	27	2,7	11,5	–	–	–	–	–
20	40,4	35	45	3,6	9,0	–	–	–	–	–
21	19,6	16	23	2,9	14,7	26	22	32	4,2	16,3
22	37,2	34	40	2,3	6,1	–	–	–	–	–
23	34	30	38	3,2	9,3	–	–	–	–	–
24	22	18	26	3,2	14,4	–	–	–	–	–
25	21,6	18	30	5,0	23,1	36	25	45	7,4	20,6
26	16	14	20	2,3	14,7	23	15	31	6,0	25,9
27	20	15	25	3,8	19,0	–	–	–	–	–
28	25,2	23	30	2,9	11,4	38	31	45	5,3	13,9
29	23,6	15	34	7,0	29,8	29,6	24	35	5,2	17,7
30	22	15	29	5,8	26,5	29,6	27	33	2,2	7,4
31	29	25	31	2,3	8,1	–	–	–	–	–
32	22	18	29	4,5	20,6	30	24	36	4,5	14,9
33	19,4	15	25	4,4	22,6	29,4	22	40	7,7	26,2
34	28	26	30	2,0	7,1	33,8	30	40	3,9	11,5
35	33	25	40	5,7	17,3	–	–	–	–	–
36	28,4	22	34	4,8	16,8	39,2	33	45	5,1	13,1
37	24,2	18	29	4,3	17,9	–	–	–	–	–
38	30,6	24	38	5,1	16,6	–	–	–	–	–
39	28,4	26	30	1,5	5,3	–	–	–	–	–
40	25	19	29	4,6	18,5	27	22	31	3,5	13,1
41	25	20	33	5,7	22,8	26	21	29	3,5	13,3
42	21,4	15	30	6,0	28,2	22,2	18	30	4,7	21,2
43	26,2	22	29	3,8	14,6	26,6	24	29	2,3	8,7
44	28	22	39	6,6	23,7	–	–	–	–	–
45	37	35	40	2,1	5,7	38	35	42	2,5	6,7

(–): Genótipo não floresceu no ambiente 2 – Teresina-PI.

Parâmetros estatísticos: Média; Min (Mínimo); Max (Máximo); DP (Desvio padrão) e CV% (Coeficiente de variação).

Altas temperaturas afetam o florescimento de rosas (PASIAN; LIETH,1994; HEGDE et al., 2020). Ainda segundo Hegde et al., (2020), os efeitos da alta temperatura sobre o florescimento de roseiras e em outros caracteres como cor e tamanho da flor podem ser alternativamente atenuados por sombreamento ou suplementação de magnésio, porém, também recomendam que cultivares de fruteiras e ornamentais tolerantes às altas temperaturas sejam identificadas por meio de seleção.

Curiosamente, Shin et al. (2001) verificaram que roseiras também sofriam alterações no florescimento de 21,6 para 63 dias à medida que a temperatura diminuiu de 30 para 15°C. Para a produção de rosas em estufa, o valor da temperatura deve estar entre 18 e 25°C para o período diurno (KINFE; VANTHOOR; VAN'T, 2014) e para o período noturno entre 14 e 18°C (REID, 2008). Shin, Yeon e Kim (2023) também recomendam temperatura ótima de 15 a 25°C para o cultivo de rosas. E verificaram em rosas de corte e rosas *spray*, que as temperaturas elevadas ou baixas afetam a floração, atrasando em até 25 dias.

Outras ornamentais também são afetadas pelo estresse térmico, o crisântemo, segunda flor mais comercializada no mundo (IBRAFLOR, 2021), também tem florescimento retardado devido altas temperaturas (NAKANO et al., 2015; HEGDE et al., 2020). Em gérbera, a quarta flor mais comercializada no mundo (FLORAHOLLAND, 2015), as elevadas temperaturas aumentam o crescimento vegetativo e atrasam a produção e diminuem a qualidade das hastes florais (LUDWIG, 2007; LI; LI; SHAN, 2019).

Em relação ao descritor diâmetro da inflorescência (DINF) (Figura 3.2), no ambiente 1, a variação de médias foi de 2,3 cm (Genótipo 20) a 10,4 cm (Genótipo 42), os CV's tiveram variação de 2,6% (Genótipo 37) a 19% (Genótipo 39). Ambiente 2, onde ocorre o estresse térmico, o diâmetro médio variou de 2,3 cm (Genótipo 34) a 9,9 cm (Genótipo 42) e os coeficientes de variação estiveram entre 4% (Genótipo 09) e 24,5% (Genótipo 34).

**Tabela 3.2 – Diâmetro da inflorescência (DINF) de roseiras (*Rosa* spp.), em dois ambientes, durante avaliação de genótipos visando termotolerância, Brasil, 2023**

Genótipo	Ambiente 1 - Ibiapina-CE (18 – 34°C)					Ambiente 2 - Teresina-PI (24 – 48°C)				
	Média	Min	Max	DP	CV(%)	Média	Min	Max	DP	CV(%)
01	8,4	7,0	10,0	1,2	13,9	7,2	6,0	9,2	1,2	16,6
02	5,0	4,5	5,3	0,3	6,9	–	–	–	–	–
03	3,0	2,8	3,1	0,1	3,9	2,8	2,5	3,1	0,2	8,0
04	4,1	3,8	4,5	0,3	6,8	4,0	3,8	4,2	0,2	4,1
05	4,2	4,1	4,5	0,2	3,9	4,0	3,8	4,3	0,2	5,4
06	4,2	3,8	4,5	0,3	6,5	3,9	3,6	4,2	0,2	6,1
07	4,4	4,0	4,7	0,3	6,0	–	–	–	–	–
08	3,9	3,7	4,2	0,2	5,3	3,6	3,2	4,0	0,3	9,3
09	4,0	3,8	4,4	0,3	6,7	4,0	3,8	4,2	0,2	4,0
10	7,2	6,0	8,2	0,9	11,9	4,5	3,5	5,2	0,7	14,6
11	5,1	4,5	5,6	0,5	9,1	5,0	4,8	5,5	0,3	5,5
12	3,8	3,5	4,2	0,3	7,0	3,5	3,2	3,8	0,2	6,2
13	5,0	4,8	5,2	0,2	3,2	3,7	3,0	4,2	0,5	12,7
14	4,7	4,4	5,0	0,2	4,8	–	–	–	–	–
15	9,2	8,7	9,9	0,5	5,6	5,6	5,1	6,1	0,4	6,7
16	5,6	5,3	5,8	0,2	3,9	4,3	3,8	5,2	0,5	12,6
17	7,9	6,3	9,1	1,1	13,6	6,0	5,5	6,8	0,5	8,1
18	6,1	5,7	6,6	0,4	6,9	–	–	–	–	–
19	7,2	6,9	7,5	0,2	3,3	–	–	–	–	–
20	2,3	1,8	2,7	0,3	14,4	–	–	–	–	–
21	4,2	3,8	4,5	0,3	7,3	3,9	3,7	4,1	0,2	4,8
22	9,3	8,9	10,0	0,4	4,8	–	–	–	–	–
23	8,3	7,6	9,0	0,6	6,7	–	–	–	–	–
24	10,0	9,4	10,6	0,4	4,4	–	–	–	–	–
25	5,8	5,4	6,6	0,5	8,7	4,6	4,0	5,1	0,4	8,9
26	4,5	4,2	4,8	0,2	5,2	4,0	3,5	4,2	0,3	7,1
27	7,0	6,7	7,2	0,2	2,8	–	–	–	–	–
28	7,7	7,2	8,0	0,4	4,6	5,4	4,9	6,0	0,5	9,0
29	6,6	6,0	7,0	0,4	6,0	5,3	4,9	6,0	0,4	8,3
30	9,5	8,9	10,1	0,5	4,8	9,4	8,8	9,9	0,4	4,3
31	5,9	5,4	6,3	0,3	5,7	–	–	–	–	–
32	5,9	5,6	6,3	0,3	5,3	5,2	4,9	5,5	0,2	4,3
33	5,8	5,5	6,1	0,2	3,8	3,7	3,2	4,0	0,4	10,5
34	2,7	2,3	3,2	0,4	13,3	2,3	1,5	2,8	0,6	24,5
35	8,4	7,8	9,3	0,6	7,1	–	–	–	–	–
36	7,1	6,6	7,8	0,5	6,8	6,5	5,9	7,3	0,5	8,4
37	7,9	7,6	8,1	0,2	2,6	–	–	–	–	–
38	5,2	4,6	6,1	0,6	11,0	–	–	–	–	–
39	2,6	1,8	3,1	0,5	19,0	–	–	–	–	–
40	2,6	2,2	3,0	0,3	13,0	2,5	2,1	2,7	0,2	9,4
41	7,3	6,0	9,0	1,2	16,5	6,0	5,4	6,6	0,5	7,6
42	10,4	9,9	10,9	0,4	3,9	9,9	9,6	10,3	0,3	2,6
43	7,0	6,6	7,5	0,3	4,8	6,7	5,5	7,9	0,9	12,8
44	7,3	6,8	8,0	0,5	6,4	–	–	–	–	–
45	5,7	5,4	6,2	0,3	5,7	5,0	3,9	5,9	0,8	15,5

(–): Genótipo não floresceu no ambiente 2 – Teresina-PI.

Parâmetros estatísticos: Média; Min (Mínimo); Max (Máximo); DP (Desvio padrão) e CV% (Coeficiente de variação).

Em alguns genótipos a redução de diâmetro entre os ambientes estiveram próximas da média de 2 cm ou acima desse valor (Genótipos: 10, 13, 15, 17, 28 e 33) e a redução do diâmetro conferiu o aspecto de botões menores e florada esparsa que está diretamente associada ao estresse térmico do segundo ambiente.

Porém, algumas roseiras exibiram bom desempenho no calor e a redução da média do diâmetro floral (Tabela 3.2), de um ambiente para outro foi em menos de 1 cm, sendo elas dos genótipos: 04, 05, 06, 08, 09, 11, 12, 21, 26, 30, 32, 36, 40, 42, 43 e 45.

Mudanças no diâmetro em rosa (*Rosa × hybrida*) sob estresse térmico foram observadas por Hegde et al., (2020) e Liang (2016), este último, em um experimento de choque térmico (uma hora a 44°C) com plantas em vasos e em parcelas de campo, verificou a redução comparando o tamanho das flores nas estações frias (primavera e outono) *versus* estações quentes (verão). O tratamento térmico diminuiu o diâmetro das flores.

Lau et al. (2019) avaliando rosas diploides sob altas temperaturas no inverno (20°C) e verão (30°C) verificaram que temperaturas mais altas reduzem o tamanho das flores em relação ao diâmetro. Kwon e Choi (2022) avaliando o rendimento, a qualidade das flores e respostas fotofisiológicas de rosas de corte e rosas *spray* enxertadas em três porta-enxertos diferentes no verão (30 a 35°C) também verificaram a redução do tamanho da flor.

Para o descritor número de flores por planta (NFP), no ambiente 1, Ibiapina-CE (brejo de altitude), as médias variaram de 1,2 flores (Genótipo 37) a 30,4 flores (Genótipo 14), com CV variando de 9,8% (Genótipo 40) a 37,3% (Genótipo 37) (Figura 3.3).

No ambiente 2, houve médias com variação de uma flor (Genótipo 36) a 5,4 flores por planta (Genótipo 05). Os coeficientes de variação em 0% ocorreram nos genótipos 28, 29, 30 e 36, pois todas as repetições produziram uma única flor e o CV máximo de 37,3% ocorreu no genótipo 26 (Tabela 3.3), sendo caracterizado por apresentar elevado abortamento floral e também alta incidência de infecções fúngicas.

**Tabela 3.3** – Número de flores por planta (NFP) de roseiras (*Rosa* spp.), em dois ambientes, durante avaliação de genótipos visando termotolerância, Brasil, 2023

Genótipo	Ambiente 1 - Ibiapina-CE (18 – 34°C)					Ambiente 2 - Teresina-PI (24 – 48°C)				
	Média	Min	Max	DP	CV(%)	Média	Min	Max	DP	CV(%)
01	6,8	4	8	1,6	24,2	3,6	2	5	1,1	31,7
02	12	10	14	1,4	11,8	–	–	–	–	–
03	4	3	5	0,7	17,7	1,8	1	2	0,4	24,8
04	4,6	4	6	0,9	19,4	3	2	4	0,7	23,6
05	7	5	8	1,2	17,5	5,4	4	7	1,1	21,1
06	5,4	4	6	0,9	16,6	2	1	3	0,7	35,4
07	3,4	3	4	0,5	16,1	–	–	–	–	–
08	4	3	5	0,7	17,7	2,4	2	3	0,5	22,8
09	3,8	3	5	0,8	22,0	3,2	3	4	0,4	14,0
10	2,6	2	3	0,5	21,1	2,2	2	3	0,4	20,3
11	4,6	3	6	1,1	24,8	2,2	2	3	0,4	20,3
12	2,8	2	3	0,4	16,0	2,2	2	3	0,4	20,3
13	9,4	8	12	1,7	17,8	2,8	2	4	0,8	29,9
14	30,4	26	34	3,3	10,8	–	–	–	–	–
15	2,8	2	3	0,4	16,0	2,8	2	3	0,4	16,0
16	4,4	3	5	0,9	20,3	2	1	3	0,7	35,4
17	3,2	3	4	0,4	14,0	3,2	3	4	0,4	14,0
18	3	2	4	0,7	23,6	–	–	–	–	–
19	2,4	2	3	0,5	22,8	–	–	–	–	–
20	6	5	7	1,0	16,7	–	–	–	–	–
21	2,8	2	3	0,4	16,0	1,8	1	2	0,4	24,8
22	1,8	1	2	0,4	24,8	–	–	–	–	–
23	3,4	3	4	0,5	16,1	–	–	–	–	–
24	2,4	2	3	0,5	22,8	–	–	–	–	–
25	2,8	2	4	0,8	29,9	2	1	3	0,7	35,4
26	1,8	1	2	0,4	24,8	1,2	1	2	0,4	37,3
27	1,8	1	2	0,4	24,8	–	–	–	–	–
28	1,8	1	2	0,4	24,8	1	1	1	0,0	0,0
29	1,6	1	2	0,5	34,2	1	1	1	0,0	0,0
30	1,8	1	2	0,4	24,8	1	1	1	0,0	0,0
31	5,4	3	7	1,7	31,0	–	–	–	–	–
32	5,8	5	7	1,1	18,9	2,8	2	3	0,4	16,0
33	5,8	5	7	0,8	14,4	2,8	2	3	0,4	16,0
34	7	6	8	1,0	14,3	7	5	8	1,4	20,2
35	6	5	7	1,0	16,7	–	–	–	–	–
36	1,6	1	2	0,5	34,2	1	1	1	0,0	0,0
37	1,2	1	2	0,4	37,3	–	–	–	–	–
38	8,4	7	11	1,7	19,9	–	–	–	–	–
39	25	20	29	3,2	13,0	–	–	–	–	–
40	11,6	10	13	1,1	9,8	10	9	11	1,0	10,0
41	1,8	1	2	0,4	24,8	1,6	1	2	0,5	34,2
42	2,2	2	3	0,4	20,3	1,6	1	2	0,5	34,2
43	1,6	1	2	0,5	34,2	1,2	1	2	0,4	37,3
44	1,6	1	2	0,5	34,2	–	–	–	–	–
45	4	3	5	1,0	25,0	2,4	2	3	0,5	22,8

(–): Genótipo não floresceu no ambiente 2 – Teresina-PI.

Parâmetros estatísticos: Média; Min (Mínimo); Max (Máximo); DP (Desvio padrão) e CV% (Coeficiente de variação).

O estresse térmico reduz a produção de flores, frutos e folhagens na horticultura (MASOULEH, 2020). Neste estudo, o calor (35 a 48°C) afetou a produção de grande parte dos genótipos, mas em alguns essa redução foi superior a três flores por planta (Genótipos: 01, 03, 06,13, 32 e 33). Dependendo da variedade de rosa, a perda de três flores resulta em prejuízos a longo prazo, uma vez que na produção de buquês, por exemplo, um ramalhete com três botões de rosas pode variar de 16 a 80 reais no Brasil.

Os genótipos 09, 10, 12, 25 e 26, 28, 29, 30, 36, 41, 42 e 43 exibiram valores médios inferiores a redução de uma rosa por planta no ambiente 2 (Tabela 3.3). Já os genótipos 15, 17 e 34 são roseiras promissoras, pois mantiveram o número médio de flores por planta nos dois ambientes.

Liang, (2016), Lau et al. (2019), Kwon e Choi (2022) também relataram a redução do número de flores em roseiras (*Rosa x hybrida*) sob estresse térmico artificial (44°C) ou no cultivo durante o verão (30 a 35°C).

O abortamento dos botões florais durante dias mais quentes (> 37°C) reduziu o número de flores por planta. Greyvenstein et al. (2014) observaram que as flores foram mais sensíveis ao estresse de alta temperatura no estágio de botão visível. Posteriormente, Greyvenstein et al. (2015) durante um estudo de triagem rápida com câmara de calor (até 50°C) para seleção de rosas de jardim tolerantes às altas temperaturas comprovaram que a abscisão floral e foliar é um indicativo de susceptibilidade das rosas ao calor.

Para o número de pétalas por inflorescência (NPINF), para o ambiente 1, a média variou de 18 pétalas (Genótipo 20 e 26) a 45 pétalas (Genótipo 45), para o CV a variação foi de 2,3% (Genótipo 35) a 11,3% (Genótipo 39). No ambiente 2, as médias foram de 17 pétalas (Genótipo 26) a 64 pétalas (Genótipo 45), Os CV's exibiram valores de 3,4% (Genótipo 29) a 11% (Genótipo 11) (Figura 3.3). Nos dois ambientes os coeficientes de variação foram baixos, que indicam a precisão para esse descritor e a pouca dispersão dos dados em relação à média calculada.

**Tabela 3.4 – Número de pétalas por inflorescência (NPINF) de roseiras (*Rosa* spp.), em dois ambientes, durante avaliação de genótipos visando termotolerância, Brasil, 2023**

Genótipo	Ambiente 1 - Ibiapina-CE (18 - 34°C)					Ambiente 2 - Teresina-PI (24 - 48°C)				
	Média	Min	Max	DP	CV(%)	Média	Min	Max	DP	CV(%)
01	50,8	46	56	3,9	7,7	49,2	48	52	1,8	3,6
02	31,2	28	34	2,3	7,3	–	–	–	–	–
03	24,8	22	28	2,3	9,2	23,2	22	26	1,8	7,7
04	41,2	38	44	2,3	5,5	38,8	36	42	2,3	5,9
05	44,8	42	46	1,8	4,0	42,8	40	46	2,3	5,3
06	33,6	32	36	1,7	5,0	30,8	28	34	2,7	8,7
07	28	26	30	1,4	5,1	–	–	–	–	–
08	38,4	36	40	1,7	4,4	32,4	28	36	3,0	9,2
09	29,6	28	32	1,7	5,7	27,6	26	30	1,7	6,1
10	40	38	42	2,0	5,0	38,4	32	42	3,8	10,0
11	23,6	22	26	1,7	7,1	20	18	22	2,0	10,0
12	28,8	28	30	1,1	3,8	25,6	22	28	2,6	10,2
13	42	38	44	2,4	5,8	34,4	32	38	2,6	7,6
14	37	34	39	2,0	5,4	–	–	–	–	–
15	52,8	50	56	2,3	4,3	42,4	40	46	2,6	6,2
16	32	30	34	1,4	4,4	30,4	28	32	2,2	7,2
17	24,8	22	26	1,8	7,2	23,2	22	26	1,8	7,7
18	34	32	36	1,4	4,2	–	–	–	–	–
19	28	26	30	1,4	5,1	–	–	–	–	–
20	18	16	20	1,4	7,9	–	–	–	–	–
21	44,4	42	48	2,6	5,9	44,8	40	50	3,9	8,7
22	42	40	44	1,4	3,4	–	–	–	–	–
23	41,2	40	42	1,1	2,7	–	–	–	–	–
24	20	18	22	1,4	7,1	–	–	–	–	–
25	22,8	22	24	1,1	4,8	21,6	20	24	1,7	7,7
26	18	16	20	1,4	7,9	17	16	18	1,0	5,9
27	42,8	42	44	1,1	2,6	–	–	–	–	–
28	26,8	26	28	1,1	4,1	23,6	22	26	1,7	7,1
29	44,4	42	46	1,7	3,8	42	40	44	1,4	3,4
30	42	40	44	2,0	4,8	42	38	44	2,4	5,8
31	35,2	32	38	2,3	6,5	–	–	–	–	–
32	22,4	22	24	0,9	4,0	22,4	22	24	0,9	4,0
33	24,4	22	26	1,7	6,9	23,6	20	26	2,6	11,0
34	58	56	60	1,4	2,4	58	56	62	2,4	4,2
35	46,8	46	48	1,1	2,3	–	–	–	–	–
36	22	20	24	1,4	6,4	20,8	20	22	1,1	5,3
37	30	28	32	1,6	5,3	–	–	–	–	–
38	59	56	62	2,2	3,8	–	–	–	–	–
39	28	24	32	3,2	11,3	–	–	–	–	–
40	63,6	62	66	1,7	2,6	61,2	54	66	4,4	7,2
41	30	28	32	1,4	4,7	29,6	28	32	1,7	5,7
42	42,8	42	44	1,1	2,6	42,4	40	44	1,7	3,9
43	27,6	26	30	1,7	6,1	27,2	26	30	1,8	6,6
44	37,2	36	40	1,8	4,8	–	–	–	–	–
45	66,8	62	70	3,0	4,5	64	58	68	4,0	6,3

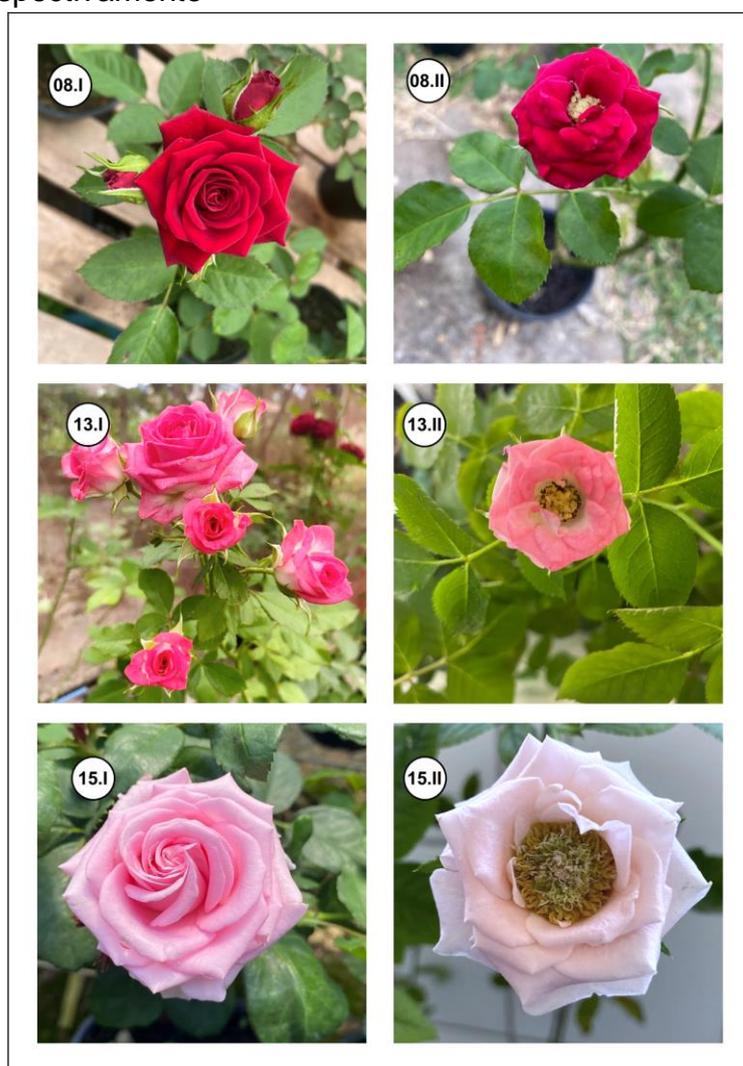
(–): Genótipo não floresceu no ambiente 2 – Teresina-PI.

Parâmetros estatísticos: Média; Min (Mínimo); Max (Máximo); DP (Desvio padrão) e CV% (Coeficiente de variação).

No ambiente 2, houve redução do número de pétalas nos genótipos 08, 13 e 15 (Figura 6.2) com flores que exibiram redução de 6 a 10 pétalas, que pode estar associada a senescência acelerada devido ao estresse térmico ou devido ao acúmulo de pétalas com mal desenvolvimento ou defeituosas devido ao calor. Liang (2016) também verificou redução no número de pétalas de roseiras sob estresse térmico.

Porém, os demais genótipos mantiveram seu número padrão de pétalas, e a aparência das flores de estar com menor quantidade de pétalas (Figura 6.3), deve estar associada a maior abertura da inflorescência e a hipertrofia dos verticilos reprodutivos (gineceu e androceu) no ambiente de estresse térmico, Teresina.

**Figura 6.2** – Comparação dos fenótipos para o número de pétalas dos genótipos de roseira 08, 13 e 15 nos ambientes I (Ibiapina-CE: 18 - 34°C) e ambiente II (Teresina-PI: 24-48°C), respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

**Figura 6.3** – Fenótipos de roseiras exibindo corola aberta e hipertrofia do gineceu e androceu sob altas temperaturas (35 a 48°C), em Teresina-PI, Brasil, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Pistilos hipertrofiados devido ao estresse térmico ou com a ocorrência de neoplasia, que corresponde a um aumento do número de células em um órgão ou tecido foram relatados por Takeoka et al. (1991) na avaliação de inflorescências de arroz sob altas temperaturas.

Lau et al. (2019) e Desta et al. (2022) relataram a redução do número de pétalas em inflorescências de roseiras. Desta et al. (2022) apontaram ainda a redução da intensidade da cor e do tamanho das pétalas *Rosa × hybrida*. Temperaturas altas também aceleram dramaticamente a abertura do botão floral e a senescência de *Rosa × hybrida* (VERMA; SINGH, 2021) e junto as queimaduras solares em hastes florais, prejudicam a qualidade do produto final e causam prejuízos na horticultura ornamental (MASOULEH, 2020).

Na ornamental esporinha (*Consolida ajacis*), o aumento da temperatura (acima de 30°C) estimulou a respiração e a produção de etileno das flores resultando na redução da longevidade e na perda de qualidade estética da inflorescência (FINGER et al., 2006).

Tanto os processos de abertura como de senescência são regulados por uma série de fitohormônios endógenos e fatores ambientais. Mas o etileno atua como um regulador central para as flores sensíveis ao etileno (SUN et al., 2021).

Os efeitos do estresse térmico afetam geralmente diversos descritores qualitativos em vegetais, que incluem queimaduras nos caules, hastes e folhas, senescência prematura e abscisão de folhas e flores, além de inibição do crescimento de brotos e raízes, e descoloração e alteração no aroma de frutos e flores (WAHID et al., 2007; LIPIEC et al, 2013; HATFIELD; PRUEGER; 2015, BORGHI et al, 2019).

Em relação aos descritores qualitativos multicategóricos, as avaliações não indicaram que haja qualquer relação da tolerância da roseira ao calor com o tipo de porte que elas possuem. Neste estudo foram caracterizadas roseiras em miniatura ou mini rosas (Genótipos: 03, 04, 05, 06, 08, 09, 12, 13 e 21); arbustivas (Genótipos: 02, 11, 14, 16, 20, 25, 31, 32, 33, 34, 38, 39 e 40 ) e trepadeiras (Genótipos: 07, 10 e 45). Os demais genótipos são de porte ereto, geralmente indicados para o cultivo em vasos grandes e jardins ou para uso como flor de corte. Nenhum genótipo foi classificado como rasteiro.

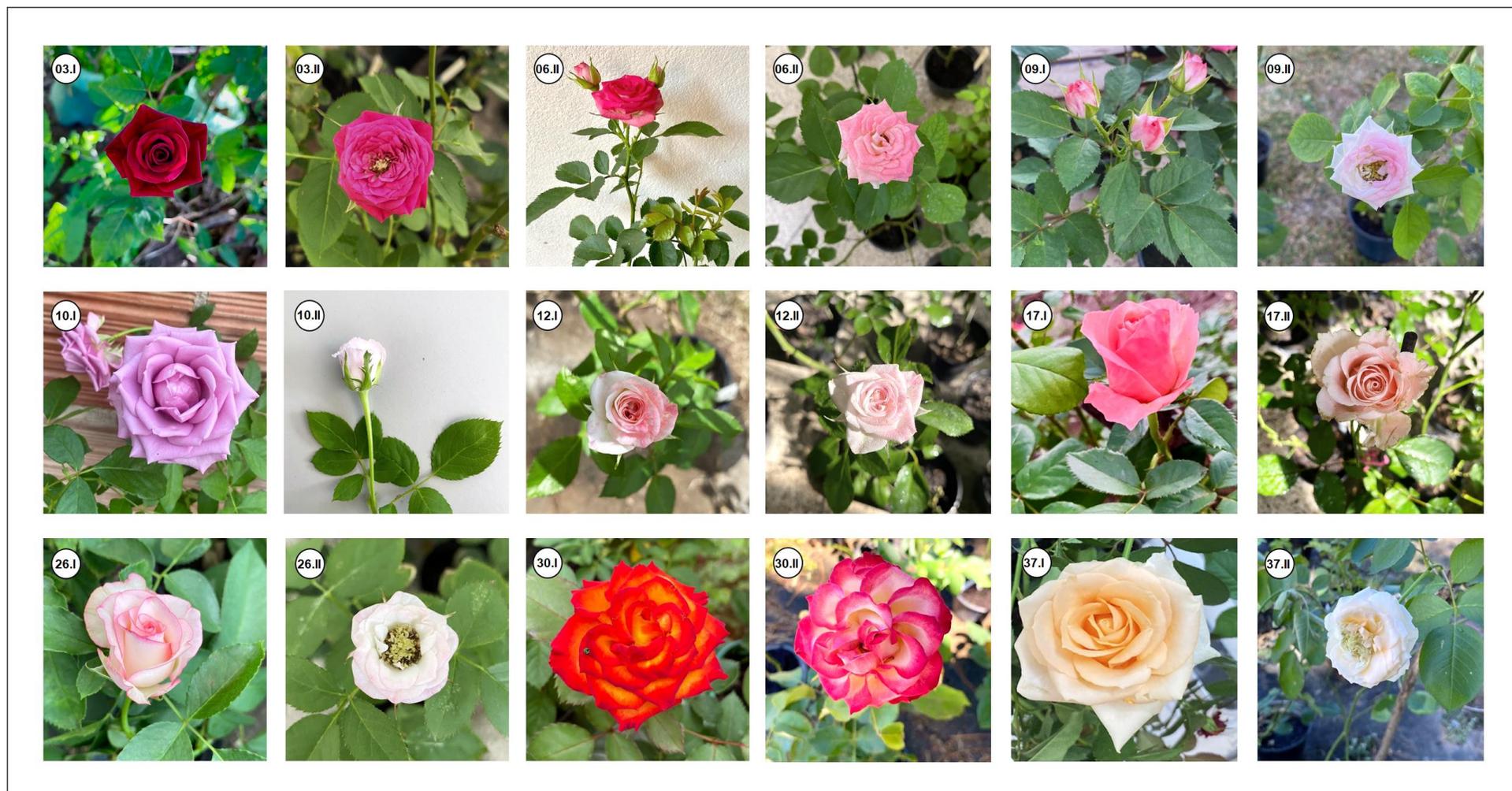
Os genótipos exibiram uma ampla variabilidade para a cor principal da flor. Amarelo esteve presente nos genótipos 04 (*RHS* 12B) e 28 (*RHS* 6B). Tons de laranja nos genótipos 02 (*RHS* N163B), 11 (*RHS* 31C), 16 (*RHS* 28A), 21 (*RHS* 24C), 29 (*RHS* 32A), 30 (*RHS* N30A), 33 (*RHS* 33D), 37 (*RHS* 164D) e 41 (*RHS* 39B). Branca nas rosas 01 (*RHS* NN155D), 05 (*RHS* NN155B), 12 (*RHS* N155D), 26 (*RHS* NN155B), 34 (*RHS* NN155C), 38 (*RHS* NN155A) e 40 (*RHS* NN155D). Tons entre o roxo e o violeta foram verificados na *rosa lavada* 07 (*RHS* 76D), no genótipo 10 (*RHS* 75B) e no genótipo *rosa lilás* 43 (*RHS* N75A).

Vermelha foi a cor principal dos genótipos 03 (*RHS* 200A), 08 (*RHS* 46B), 14 (*RHS* 44B), 18 (*RHS* 51A), 22 (*RHS* 53C), 27 (*RHS* 46C) e 44 (*RHS* 46B). Corola em tons de rosa em 06 (*RHS* 53D), 09 (*RHS* 54C), 13 (*RHS* 55B), 15 (*RHS* 55C), 17 (*RHS* 54C), 19 (*RHS* 51A), 24 (*RHS* 37C), 35 (*RHS* 69A) e 42 (*RHS* 68C). Tons de magenta foram verificados nas flores dos genótipos 20 (*RHS* 71B), 23 (*RHS* 61C), 25 (*RHS* 70B), 31 (*RHS* 61), 32 (*RHS* N74A), 36 (*RHS* 67B), 39 (*RHS* 63C) e 45 (*RHS* 67A).

Alguns genótipos exibiram cores secundárias na flor, tais como: branco (*RHS* NN155D) nos genótipos 06, 09 e 13; laranja claro (*RHS* 25D) no genótipo 11 e 18 ou laranja médio (*RHS* 29C) em 41; rosa claro (*RHS* 56A) foi verificada nos genótipos 12, 19 e 26; magenta claro (*RHS* 73D) no genótipo 38 e amarelo (*RHS* 17C) na roseira 40.

As altas temperaturas interferem na redução da pigmentação e acarretam cores mais pálidas nas pétalas de rosas (HEGDE et al., 2020). No ambiente de estresse térmico, os genótipos 13 e 15 (Figura 6.2), bem como os genótipos 03, 06, 09, 10, 12, 17, 26, 30 e 37 (Figura 6.4) perderam a coloração original da pétala, exibindo tons mais claros ou pálidos.

**Figura 6.4** - Comparação dos fenótipos para a cor das pétalas dos genótipos de roseira 03, 06, 09, 10, 12, 17, 26, 30 e 37 nos ambientes I (Ibiapina-CE: 18 - 34°C) e ambiente II (Teresina-PI: 24-48°C), respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Desta et al. (2022) também verificaram a redução da intensidade da cor das pétalas de *Rosa x hybrida* sob altas temperaturas. Liang et al. (2017) concluíram que a seleção de rosas tolerantes ao calor é uma tendência, visto que a redução do tamanho das rosas e a alteração de caracteres qualitativos como perda da cor típica de uma cultivar afetam a qualidade da flor para a comercialização.

Além do desbotamento da cor da flor em roseiras de corte e de jardim, o murchamento de pétalas e folhas são sintomas transitórios e até letais do estresse por altas temperaturas (OREN-SHAMIR; DELA, 2000).

Todas as roseiras exibiram murchamento das pétalas e das folhas durante o período vespertino no ambiente 2, Teresina-PI, sendo o murchamento leve verificado apenas nos genótipos 29, 30, 34, 40, 41, 42, 43 e 45. O murchamento moderado sob às altas temperaturas ocorreu nos genótipos 01, 04, 06, 09, 13, 16, 25, 31 e 36. Os demais genótipos exibiram elevado murchamento de folhas e botões durante as tardes e início da manhã no ambiente 2. Já no ambiente 1, Ibiapina-CE, não houve ocorrência de murchamento de pétalas e folhas durante todo o período de avaliação.

O estresse térmico também pode causar sintomas severos nas plantas como queimaduras nos caules, hastes, folhas, flores (RODRÍGUEZ et al., 2005 ). Neste estudo, verificou-se manchas de queimaduras nas hastes e nas folhas de todas as roseiras (Figura 6.5a – 6.5e ), sendo leves apenas nos genótipos 01, 04, 05, 11, 12, 29, 30, 34, 36, 40, 41, 42, 43 e 45.

Manchas de queimaduras nas pétalas das flores foram leves em todos os genótipos. O estresse térmico nas pétalas resultou em murchamento dos botões florais e pétalas maduras. Em nenhum dos genótipos verificou-se manchas de antocianina nas hastes ou sépalas devido ao calor.

A persistência da floração no ambiente de estresse térmico se caracterizou como ruim (menos de 4 dias) ou regular (5 a 7 dias) para a maioria dos genótipos, no entanto, algumas roseiras (01, 03, 04, 05, 08, 09, 10, 11, 13, 30, 33, 36, 40, 41 e 42) se destacaram com uma boa persistência da florada, sendo esta superior a uma semana (> 7 dias).

Abortamento de botões florais foi verificado em todos os genótipos avaliados sob estresse térmico (ambiente 2) (Figura 6.5f – 6.5j), sendo leve (menos de dois botões abortados) apenas nos genótipos 04, 05, 15, 16, 29, 30, 36, 40, 41 e 42, e moderado (três a cinco botões florais abortados) nos genótipos 01, 10, 25, 33 e 34.

**Figura 6.5** – Roseiras cultivadas sob altas temperaturas (35 a 48° C) expressando fenótipo característico de alto a elevado estresse térmico, Teresina-PI, Brasil, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Algumas roseiras não floresceram sob as altas temperaturas, do município de Teresina, ou abortaram os botões florais na fase visível como nos genótipos: 02, 07, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 27, 31, 35, 37, 38, 39 e 44.

Os demais genótipos não mencionados exibiram abortamento superior a cinco botões durante a avaliação. O abortamento dos botões florais é um indicativo de sensibilidade ao estresse.(GREYVENSTEIN et al., 2014). As altas temperaturas promovem a abscisão floral e foliar e definem a susceptibilidade ou tolerância de rosas ao calor (GREYVENSTEIN et al., 2014).

Para a incidência de doenças (INCID), esta foi avaliada em relação àquelas que apareceram durante o cultivo nos dois ambientes. No ambiente 1 houve ocorrência apenas de manchas foliares de oídio (*Sphaerotheca pannosa*), no final do período chuvoso (maio a junho).

No ambiente 2, as altas temperaturas favoreceram a ocorrência de doenças como oídio da roseira, podridão das raízes e necrose (fúngica e bacteriana) das hastes após a poda. A alta incidência de doenças foi perceptível nos genótipos 02, 17, 18, 21, 22, 26, 31, 34, 37, 38, 39 e 44. A média incidência de doenças, isto é, a infecção, não foi a única causa da morte de repetições do genótipo, sendo esta verificada em 03, 04, 07, 08, 10, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 28, 32, 35. Nos demais genótipos, a incidência de doenças foi leve e facilmente tratadas com medidas fitossanitárias comuns no cultivo de rosas.

Para o descritor incidência de pragas (INPR) não foi possível realizar a caracterização dos genótipos, uma vez que a incidência de pulgões (*Macrosiphum rosae* e *Capitophorus rosarum*) e cochonilhas (*Dactylopius coccus* e *Planococcus* spp.) foi baixa nos dois ambientes e os tratos culturais impediram infestações.

A tolerância ao calor pode ser melhorada selecionando e desenvolvendo genótipos com resistência ao calor. O pré-melhoramento e melhoramento são fundamentais para a conservação, caracterização e indicação do germoplasma termotolerante (HASSAN et al., 2021).

Assim para o último descritor, aspecto geral da planta (ASP), foram considerados a influência dos descritores anteriores e a manutenção de qualidades estéticas como folhagem densa (pouca abscisão foliar) e sadia, flores com qualidade comercial e boa arquitetura da planta sob às condições de estresse do ambiente 2.

Os genótipos 06, 09, 11, 12, 16, 25 e 45 apresentaram aspecto geral regular. Os genótipos 01, 10, 41 e 43 exibiram bom desempenho sob estresse térmico. Já as roseiras 04, 05, 29, 30, 36, 40 e 42 mantiveram aspectos decorativos similares aos verificados no ambiente 1 na Serra da Ibiapaba-CE, sendo consideradas excelentes e com padrão comercial. As 18 roseiras não mencionadas foram classificadas com aspecto geral ruim, indicando à ausência de termotolerância.

## Conclusões

O estresse térmico afetou a longevidade e a qualidade das roseiras, especialmente em relação aos caracteres diâmetro da flor e número de flores por planta. Temperaturas elevadas (acima de 35°C) causaram efeitos negativos de redução da persistência das flores, murchamento e abscisão de folhas e botões florais, ainda mudanças na aparência das folhas, hastes e pétalas, principalmente em relação a queimaduras.

Houve alto índice de letalidade entre os genótipos sob às altas temperaturas de Teresina, no entanto, oito genótipos mantiveram aspectos estéticos comerciais que não foram afetados pelo calor, como a não redução no diâmetro da flor (04 - *rosinha-amarela*; 05 - *rosinha creme* e *Rosas spray* 06, 09 e 12 ), apenas queimaduras leves nas folhas e hastes (16 – *rosa laranja claro*; 30 - *rosa-de-fogo*; 40 - *rosinha-branca*).

Ainda, 13 genótipos se destacaram nos seguintes caracteres: manutenção da cor padrão da corola (25 - *rosa-de-cachos* e 40 - *rosinha branca*), baixa abscisão floral e foliar (10 - *rosa-de-botão*; 29 - *rosa-laranja*; 41 – *rosa grande laranja*; 42 – *rosa-grande rosa* e 43 – *rosa lilás*) ou apresentaram precocidade na floração (01 - *rosa-branca*; 04 - *rosinha-amarela* e 05 – *rosinha-creme*), manutenção do número de pétalas (01 - *rosa-branca* e 36 – *rosa rosa-escuro*) e persistência da floração (30 - *rosa-de-fogo*; 40 - *rosinha-branca*).

Assim, os grupos de 16 genótipos, acima mencionados, exibem potencial termotolerante e devem ser avaliados em estudos de termoestabilidade e de melhoramento visando resistência à altas temperaturas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **El Niño 2023**. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA (2023). Disponível em; < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/el-nino-2023-saiba-detalhes-sobre-o-monitoramento-previsoes-e-os-possiveis-impactos-do-fenomeno-no-brasil>>. Acesso em: 19 de outubro de 2023.

BORGHI, M. et al. Flowers and climate change: a metabolic perspective. **New Phytologist**, v. 224, n. 4, p. 1425-1441, 2019.

DESTA, B. et al., Response of rose (*Rosa × hybrida* L.) plant to temperature. **sian Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 7, p. 93-101, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA (IBRAFLOR). **O mercado de flores no Brasil 01/2021**. Disponível em: <<https://www.ibraflor.com.br/boletim-ibraflor>>. Acesso em: 04 de jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA (IBRAFLOR). **Boletim Ibraflor**: abril 2022. Disponível em: <[https://www.ibraflor.com.br/\\_files/ugd/b3d028\\_26c71b8f74b047e09b620db73ca01c99.pdf](https://www.ibraflor.com.br/_files/ugd/b3d028_26c71b8f74b047e09b620db73ca01c99.pdf)>. Acesso em: 04 de março de 2023.

LORENZI, H; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 1088p.

FINGER, F. L. et al. Influence of temperature on respiration, ethylene production and longevity of *Consolida ajacis* inflorescences. **Bragantia**, v. 65, p. 363-368, 2006.

FLORAHOLLAND: **Fatos e números - Números principais (2015)**. Disponível em: <<http://www.floraholland.com/en/AboutFloraHolland/Cooperative/Pages/Factsandfigures.aspx>> . Acesso em 03 de janeiro de 2023.

HALL, A. E. **Crop responses to environment**. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 2001.

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

HASSAN, M. U et al. Heat stress in cultivated plants: Nature, impact, mechanisms, and mitigation strategies—A review. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 155, n. 2, p. 211-234, 2021.

HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and climate extremes**, v. 10, p. 4-10, 2015.

HEGDE, S. et al. High-temperature tolerance of flowers. In: Hasanuzzaman, M. **Plant ecophysiology and adaptation under climate change: mechanisms and perspectives I: general consequences and plant responses**, Springer Books: Singapore, 2020, p. 343-371.

GREYVENSTEIN, O. F. (2013). **Phenotyping of High Temperature Susceptibility in Garden Roses (*Rosa × hybrida*)**. 136f. Ph.D. dissertation (USA: Texas A&M University), 2013.

GREYVENSTEIN, O. et al. Effect of two-week high-temperature treatment on flower quality and abscission of *Rosa* L. 'Belinda's Dream' and 'RADrazz' (KnockOut®) under controlled growing environments. **HortScience**, v. 49, n. 6, p. 701-705, 2014.

GREYVENSTEIN, O. et al. Development of a rapid screening method for selection against high temperature susceptibility in garden roses. **HortScience**, v. 50, n. 12, p. 1757-1764, 2015.

GROSSI, S. J. A.; PEMBERTON, H. B.; LANG, H. J. Influence of cultivar and seasonal growing environment on growth and postharvest characteristics of single-shoot pot rose plants. **HortScience**, v. 39, p. 138-141, 2004.

HOEGH-GULDBERG, O. et al. Impacts of 1.5° C global warming on natural and human systems. Chapter 3: Impacts of 1.5 °C global warming on natural and human systems. **Intergovernmental Panel on Climate Change**, Geneva, Switzerland, 2018; pp. 175–311.

KINFE, A.M.; VANTHOOR, B.; VAN'T, B. O. Effect of greenhouse cover spectral properties on rose yield for Ethiopia highland. **International Journal of Innovation and Applied Studies**, v.9, n.4, 1926-1937, 2014.

KWON, O. H; CHOI, H. G. Yield, flower quality, and photo-physiological responses of cut rose flowers grafted onto three different rootstocks in summer season. **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1468, 2022.

LAU, J. et al. **Heritability of flower size and heat stress in diploid roses**. In: 2019 ASHS Annual Conference. ASHS, 2019.

LI, Fan; LI, S.; SHAN, Q. The effect of temperature on plant growth in four *Gerbera hybrida* cultivars. **HortScience**, v. 54, n. 7, p. 1164-1167, 2019.

LIANG, S. **Changes in Flower Size and Number Under Heat Stress in Rose (*Rosa × hybrida*)**. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Texas A&M University, College Station, EUA, 2016.

LIANG, S.; WU, X.; BYRNE, D. Flower-size heritability and floral heat-shock tolerance in diploid roses. **HortScience**, v. 52, n. 5, p. 682-685, 2017.

LIPIEC, J. et al. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. **International Agrophysics**, v. 27, n. 4, 2013.

LUDWIG, F. **Cultivares de gérbera (*Gerbera jamesonii* L.), em vaso, sob dois níveis de fertirrigação** (2007) 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Horticultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 79 f. 2007.

MASOULEH, S. S. S. The role of organic solutes in the osmotic adjustment of chilling-stressed plants (vegetable, ornamental and crop plants). **Ornamental Horticulture**, v. 25, p. 434-442, 2020.

NAKANO, Y. et al. Delay of flowering by high temperature in chrysanthemum: heat-sensitive time-of-day and heat effects on CsFTL3 and CsAFT gene expression. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 90, n. 2, p. 143-149, 2015.

OREN-SHAMIR, M.; DELA, G. 150 color fading of rose petals due to a transient high temperature stress. **HortScience**, v. 35, n. 3, p. 415D-415, 2000.

PASIAN, C. C.; LIETH, J. H. Prediction of flowering rose shoot development based on air temperature and thermal units. **Scientia horticultrae**, v. 59, n. 2, p. 131-145, 1994.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: USP/ESALQ, 1985, 467p.

PRASAD, P. V.; BHEEMANAHALLI, R.; JAGADISH, S. V K. Field crops and the fear of heat stress-opportunities, challenges and future directions. **Field Crops Research**, v. 200, p. 114-121, 2017.

REID, A. **Greenhouse roses for cutflower production**. Department of Agriculture and Food, Western Australia, Perth. Bulletin 4738. 2008.

ROYAL BOTANIC GARDENS. **Rosa L**. Plants of the World Online. Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, 2023. Disponível em: <<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30002432-2>> Acesso em 11 de março de 2023.

SHEKHAWAT, K. et al. Beat the heat: Plant-and microbe-mediated strategies for crop thermotolerance. **Trends in Plant Science**, v. 27, n. 8, p. 802-813, 2022.

SHIN, H.K. et al. **Effects of temperature on leaf area and flower size in rose**. In: III International Symposium on Rose Research and Cultivation 547, Acta Horticulturae 2001. p. 185-191.

SHIN, Y. C; YEON, J. Y; KIM, W. S. Influence of Suboptimal Temperature on Flower Quality and Floral Organ Development in Spray-Type Cut Rose 'Pink Shine'. **Horticulturae**, v. 9, n. 8, p. 861, 2023.

SOUZA, V. C.; LOREZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012, 768p.

SUN, X. et al. Molecular understanding of postharvest flower opening and senescence. **Molecular Horticulture**, v. 1, n. 1, p. 7, 2021.

TAKEOKA, Y. et al. Pistil hyperplasia in rice spikelets as affected by heat stress. **Sexual Plant Reproduction**, v. 4, p. 39-43, 1991.

VERMA, J.; SINGH, P. Post-harvest handling and senescence in flower crops: An overview. **Agricultural Reviews**, v. 42, n. 2, p. 145-155, 2021.

VIERLING, E. The role of heat shock proteins in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. 42, 579–620, 1991.

WAHID, A. et al. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and experimental botany**, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### *Dissimilaridade genética*

Pelas análises de dissimilaridade genética foi possível verificar pimentas ornamentais com aspectos estéticos superiores para porte, elevada densidade foliar e com cores de frutos que contrastam harmoniosamente com a folhagem (BGC-UFPI 199, BGC-UFPI 203, BGC-UFPI 236, 2 BGC-UFPI 58 e BGC-UFPI 260).

BGC-UFPI 199 foi incluso em um programa de seleção fenotípica para a obtenção de frutos pretos e roxos. BGC-UFPI 203 pode ser comercializado ou incluso em novos cruzamentos para obtenção de frutos com o formato mais arredondado. BGC-UFPI 258 e BGC-UFPI 236 podem ser comercializados ou utilizados como genitores para obtenção de híbridos de frutos pequenos e com alta densidade foliar.

BGC-UFPI 260, com grandes frutos amarelos deve ser incluso em programa de melhoramento visando a obtenção de pimenteiras ornamentais com diversos formatos. Para tal finalidade, BGC-UFPI 260 pode participar de cruzamentos interespecíficos com os acessos de pimenta BGC-UFPI 223, pimenta ouro (*Capsicum chinense*) e BGC-UFPI 225, pimentinha amarela, *C. frutescens*, ambos já caracterizados e com aspectos promissores para a cor e formato do fruto e para elevada densidade foliar.

Com relação aos gerânios do gênero *Pelargonium*, a caracterização morfológica e a divergência genética dos híbridos F<sub>1</sub> G8, G11 e G17 mostrou que esses genótipos exibem caracteres similares aos de variedades melhoradas, tais como o porte da planta, a largura da inflorescência e o número de flores. E esses híbridos são promissores quanto às flores bicolors ou tricolors e com a presença de cores incomuns, como os tons de ameixa e magenta, e se diferenciam de gerânios disponíveis no mercado floricultor.

### *Hibridação*

Com as hibridações foram obtidos gerânios (F<sub>2</sub>: 09 × 07, 11 × 10, 12 × 09, 12 × 11, 13 × 11, 15 × 12 e 18 × 17), pimentas ornamentais (F<sub>1</sub> BCG-UFPI: H3–220 × 258; H2–207 × 203; H7–98 × 257 e H8–199 × 207) e vincas (ORN-UFPI F<sub>1</sub>: H11 e

H25 do cruzamento V.01 × V.02 e as F<sub>2</sub>: H13 do cruzamento V.01 × V.02 e H1 de V.03 × V.04 ), que podem ser indicados para a comercialização ou devido exibirem caracteres distintos para formatos, altura da planta e cores de frutos e flores podem ser utilizadas no programa de melhoramento genético, resultando em posterior proteção ou registro de novas cultivares.

As vincas híbridas devem ser submetidas ao avanço de gerações para o aumento da frequência de genótipos com as cores laranja (*RHS* 33C e N30A), vermelho escuro (*RHS* 46A) e magenta escuro (*RHS* 59A e 59B) que ainda não são comuns no mercado de flores brasileiro.

Os gerânios F<sub>2</sub> exibiram ampla variabilidade de cores, mas o melhoramento deve ser direcionado para a redução do porte da planta através do avanço das gerações dos híbridos das combinações 14 × 11, 14 × 13 e 15 × 12, que foram as mais eficientes na redução da altura da planta. As combinações de cores presentes nas flores de 11 × 10, 13 × 11 e 18 × 17 qualificam tais genótipos para o melhoramento via propagação vegetativa e para posteriores ensaios de valor de cultivo e uso (VCU).

### *Seleção*

Para a seleção de roseiras, 16 genótipos (01, 04, 05, 06, 10, 12, 16, 25, 29, 30, 40, 41, 42 e 43), o que corresponde a 35,5% do germoplasma coletado exibiram potencial termotolerante e devem ser avaliados em estudos de termoestabilidade e de melhoramento visando resistência à altas temperaturas.

Cruzamentos entre os genótipos de roseira selecionados são inviáveis, devido à complexidade da germinação das sementes em ambientes tropicais, porém a avaliação em campo dos genótipos comprovadamente termotolerantes, pelas análises de termoestabilidade, pode garantir a disponibilidade de material genético adaptado às condições climáticas do nordeste brasileiro.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

### DESCRITORES PARA PIMENTAS ORNAMENTAIS

Lista dos 32 descritores que foram utilizados, sendo 12 quantitativos e 20 qualitativos multicategóricos, no estudo da dissimilaridade genética e cruzamentos biparentais entre pimenteiras ornamentais, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum*, da Universidade Federal do Piauí (BGC-UFPI - UFPI), Teresina, PI, 2022.

1. **Número de dias para o florescimento (NDF):** número de dias desde a semeadura, até 50% das plantas terem pelo menos uma flor aberta.
2. **Número de dias para a maturação (NDM):** número de dias desde a semeadura, até 50% das plantas terem pelo menos um fruto maduro.
3. **Altura da planta (ADP):** em centímetros, observada quando em 50% das plantas o primeiro fruto começar a amadurecer.
4. **Comprimento do pedicelo (CDP):** corresponde à média do comprimento do pedicelo de 10 frutos maduros, tomados ao acaso, em centímetros.
5. **Número de frutos por plantas (NFP):** refere-se a média do número total de frutos por acesso.
6. **Persistência dos frutos (PSF):** corresponde ao número de dias desde do início da maturação até o início da senescência dos frutos (perda da qualidade comercial dos frutos).
7. **Comprimento do fruto (CDF):** corresponde à média do comprimento de 10 frutos maduros, tomados ao acaso, em centímetros.
8. **Largura do fruto (LDF):** corresponde à média da largura (medidos no ponto mais largo) de 10 frutos maduros, tomados ao acaso, em centímetros.
9. **Peso do fruto (PDF):** corresponde ao peso médio de 10 frutos maduros, tomados ao acaso, em gramas.
10. **Comprimento da folha (CDFol):** corresponde à média do comprimento de 10 folhas, tomadas ao acaso, em centímetros.
11. **Largura da folha (CDFol):** corresponde à média da largura de 10 folhas, tomadas ao acaso, em centímetros.
12. **Largura do dossel vegetal (LDV):** em centímetros, observada quando em 50% das plantas o primeiro fruto começar a amadurecer.

- 
- 13. Número de flores por axila (NFA):** (1) uma; (2) duas; (3) três ou mais; (4) flores em cacho; (5) outros
- 14. Hábito de crescimento da planta (HC):** observado quando 50% das plantas estiverem com frutos maduros: (3) prostrado; (5) intermediário (compacto); (7) ereto; (9) outro.
- 15. Formato da folha (FFol):** observada quando em 50% das plantas o primeiro fruto começar a amadurecer, a partir da moda das observações tomadas em dez folhas por planta (ramos principais): (1) deltoide; (2) oval; (3) lanceolada.
- 16. Cor da folha (CFol):** observada quando em 50% das plantas o primeiro fruto começar a amadurecer, a partir da moda das observações tomadas em dez folhas por planta (ramos principais): (1) amarela; (2) verde clara; (3) verde; (4) verde escura; (5) roxa clara; (6) roxa; (7) variegada; (8) outra.
- 17. Pubescência da folha (PBF):** observada em folhas jovens: (3) esparsa; (5) intermediária; (7) densa.
- 18. Densidade de folhas (DF):** observada em plantas maduras e saudáveis: (3) esparsa; (5) intermediária; (7) densa.
- 19. Antocianina nodal (ANT):** observada em plantas maduras: (1) verde; (3) roxa clara (5) roxa (7) roxa escura.
- 20. Posição da flor (PFlor):** observada na antese floral: (3) pendente; (5) intermediária; (7) ereta.
- 21. Cor da corola (CC):** (1) branca; (2) amarela clara; (3) amarela; (4) amarela esverdeada; (5) roxa com base branca; (6) branca com base roxa; (7) branca com margem roxa; (8) roxa; (9) branca esverdeada; (10) amarela com lóbulo violeta; (11) Lilás com margem roxa (12) outra.
- 22. Cor da antera (CA):** Observada imediatamente após a floração (antes da antese): (1) branca (2) amarela; (3) azul pálido; (4) azul; (5) roxa; (6) outras.
- 23. Posição do fruto (PFr):** (3) pendente; (5) intermediária; (7) ereta.
- 24. Cor do fruto no estado intermediário (CFEI):** observada em frutos, pouco antes da fase de maturação. (1) branco; (2) amarelo; (3) verde; (4) laranja; (5) roxo; (6) roxo escuro; (7) outros.
- 25. Cor do fruto maduro (CFM):** (1) branco; (2) amarelo limão; (3) amarelo laranja pálido;

(4) amarelo alaranjado; (5) laranja pálido; (6) laranja; (7) vermelho claro; (8) vermelho; (9) vermelho escuro; (10) roxo; (11) marrom; (12) preto; (13) vermelho com marrom (14) amarelo ouro (15) outra.

**26. Formato do fruto (FFr):** (1) alongado; (2) arredondado; (3) triangular; (4) campanulado; (5) retangular.

**27. Forma do ápice do fruto (FAFr):** (1) pontiagudo; (2) truncado; (3) afundado; (4) afundado com ponta.

**28. Textura da epiderme do fruto (TEF):** (1) lisa; (2) semirrugosa; (3) rugosa; (4) lisa com estrias; (5) semirrugosa com estrias.

**29. Firmeza e sustentação da haste (FSH):** observada em planta madura, (0) ausente; (1) presente.

**30. Cor do Caule (CDC):** observada em planta madura: (1) Verde; (2) Verde com estrias roxas; (3) roxo; (4) outra.

**31. Formato da haste ou caule (FHC):** observado na maturidade da planta: (1) cilíndrico; (2) angular; (3) achatado.

**32. Cobertura de vaso (CDV):** observado na maturidade da planta: (3) regular; (5) boa; (7) ótima.

## ANEXO 2

Descritores para gerânios do gênero *Pelargonium*

---

Adaptado dos descritores para Distinção, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) da *International Union for the Protection of New Varieties of Plants* (UPOV) UPOV

**Recomendação:**

*Pelargonium zonale* Group, *Pelargonium peltatum* (L.) Hér híbridos entre essas espécies e outras espécies de *Pelargonium* L'Hér. ex Ait.

---

**1 Número de dias para o florescimento** – contados a partir da semeadura.

**2 Altura da planta** - Medida, em centímetros, até as folhas da cobertura da planta.

**3 Largura da planta** - Medida, em centímetros, na região mediana da planta.

**4 Hábito de crescimento:**

1 Ereto    3 Semiereto    5 Prostrado

**5 Cor da haste:**

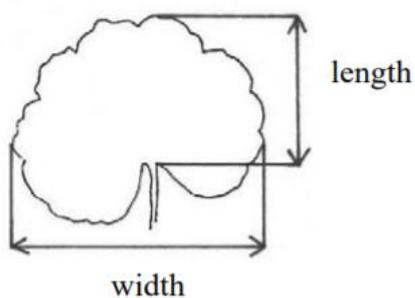
1 Verde esbranquiçada    2 Verde

**6 Antocianina nodal:**

0 ausente    1 Presente

**7 Comprimento do limbo foliar** – Corresponde à média, em centímetros, de quatro folhas tomadas ao acaso, medido do pecíolo ao ápice da folha.

**8 Largura do limbo foliar** – Corresponde à média de quatro folhas, em centímetros, medida na base da foliar.

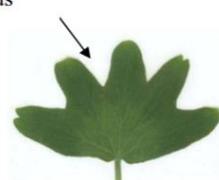
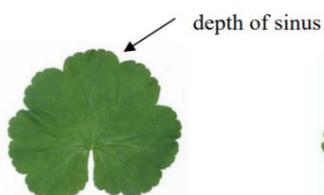


**9 Ondulação da margem da folha:**

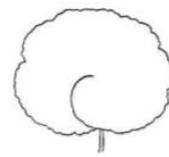
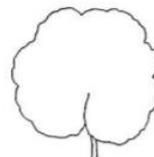
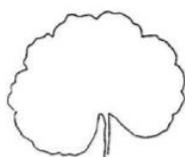
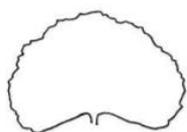
1 Ausente ou leve

3 Média

5 Profunda



**10 Base foliar da lâmina foliar**



1 Aberta

3 Levemente aberta

5 Fechada

7 Parcialmente sobreposta

9 Fortemente sobreposta

**11 Variação da folha:**

0 Ausente

1 presente

**12 Cor principal da folha:**

É a cor da maior área da lâmina foliar. Se a área das cores for quase meio a meio, a cor mais escura é a cor principal.

- 1 Amarelo
- 2 Verde claro
- 3 Verde médio
- 4 Verde escuro
- 5 Vermelho escuro
- 6 Marrom arroxeado

**13 Cor secundária da folha:**

- 1 Amarelo    2 Verde claro    3 Verde médio

**14 Brilho do limbo foliar:**

- 0 Ausente    1 Presente

**15 Zona de contraste da folha:** A visibilidade da zona é determinada pelo contraste de cores.



1 Ausente

3 Fraco

5 Médio

7 Forte

9 Muito forte

**16 Posição da zona de contraste da folha:**

1 Em direção à base

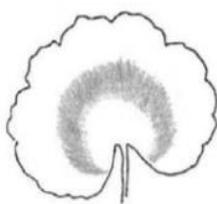
3 No meio

5 Em direção a margem

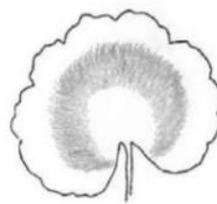
17 Tamanho da zona de contraste da folha:



1 Pequena



3 Média



5 Ampla

18 Coloração de Antocianina no pedúnculo - Verificada na região mediana da estrutura.



1 Ausente

3 Fraca

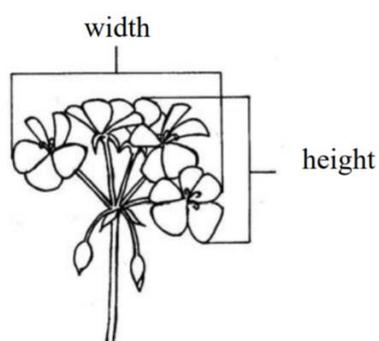
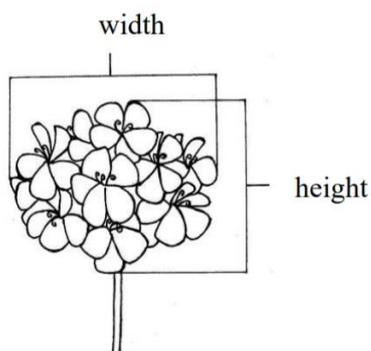
5 Média

7 Forte

19 Comprimento do pedúnculo floral – Corresponde à média de quatro pedúnculos por planta, em centímetros, medidos com régua ou fita métrica.

20 Altura da Inflorescência – Em centímetros, medida com régua ou fita métrica.

21 Largura da inflorescência - Em centímetros, medida com régua ou fita métrica.



22 Número de flores abertas por inflorescência - Para ser observado como o número de flores abertas ao mesmo tempo.

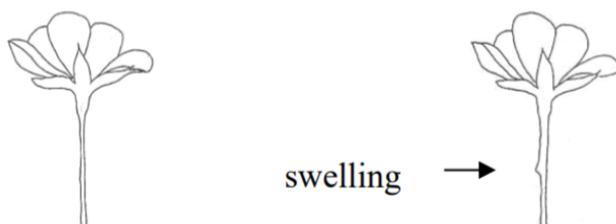
23 Largura da flor – Corresponde à média da largura de seis flores por inflorescência, tomadas ao acaso.

24 Comprimento do pedicelo – Média de quatro pedicelos por planta.

25 Coloração de antocianina no pedicelo:

0 Ausente 1 Presente

26 Tumeção ou inchaço no pedicelo:



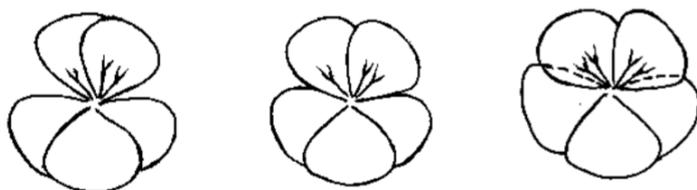
0 Ausente

1 Presente

27 Tipo de flor - Conforme número de camadas de pétalas.

1 Singela 2 Dupla 3 Tripla

28 Relação entre o arranjo de pétalas superiores e inferiores – Apenas para flores singelas.



1 Livres

3 Encostadas

5 Levemente sobrepostas

29 Vista lateral da flor:



1 Côncava



3 Plana



5 Convexa

30 Presença de listras ou manchas nas flores - Irregularmente distribuídas.



0 Ausente



1 Presente

31 Cor principal da flor manchada – Para as variedades com flores com listras ou manchas irregularmente distribuídas.

1 Branco

3 Rosa

5 Vermelho

32 Cor das listras e manchas da flor: Para as variedades com flores com listras ou manchas irregularmente distribuídas.

1 Branca

3 Rosa

5 Vermelha

7 Roxa

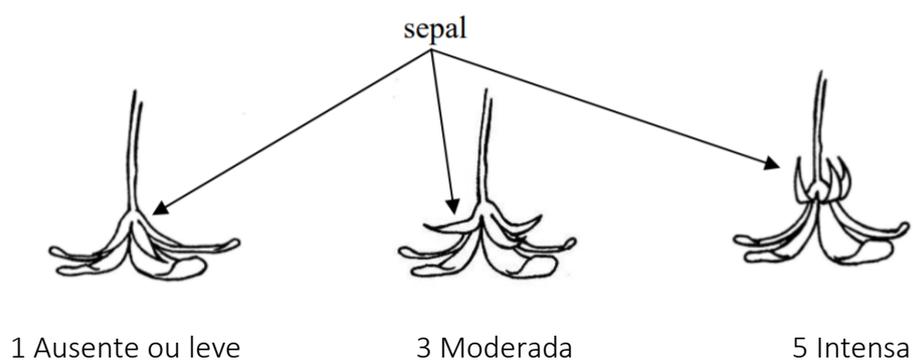
9 Outra

33 Coloração de antocianina nas sépalas:

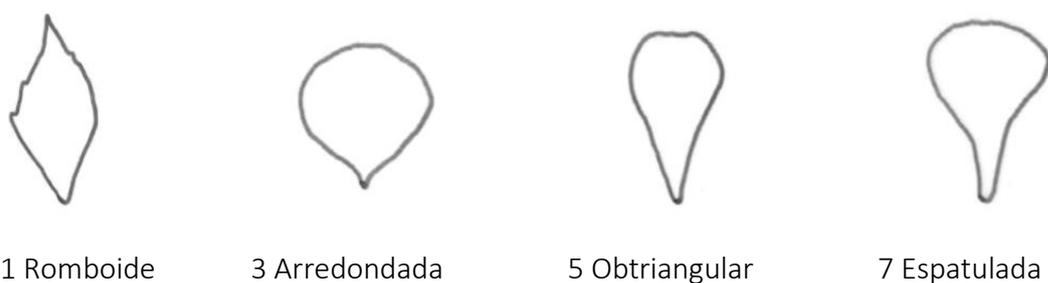
0 Ausente

1 Presente

## 34 Curvatura das sépalas:



## 35 Formato das pétalas superiores:



## 36 Margem apical das pétalas superiores.



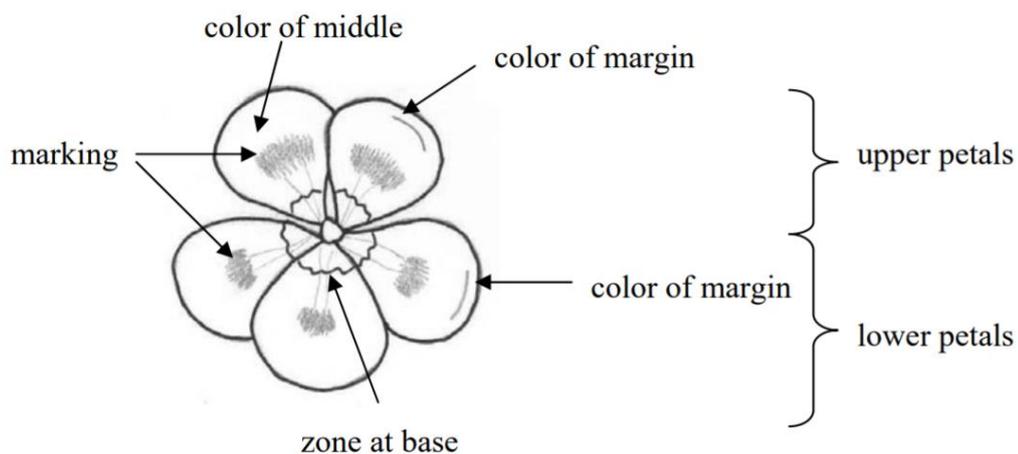
37 Cor da margem nas pétalas superiores – indicar a cor (*RHS Colour Chart*).

38 Cor da margem nas pétalas inferiores – indicar a cor (*RHS Colour Chart*).

39 Cor da região mediana nas pétalas superiores - indicar a cor(*RHS Colour Chart*).

40 Cor da região mediana nas pétalas inferiores – indicar a cor(*RHS Colour Chart*).

41 Cor da base das pétalas: indicar a cor (*RHS Colour Chart*).



42 Contraste de cores nas pétalas:

0 Ausente 1 Fraca 3 Média 5 Forte

43 Tipo de marcação nas pétalas superiores:

44 Tipo de marcação nas pétalas inferiores:



1 apenas listras

3 listras e pontos

5 listras e mancha/manchas

7 apenas uma mancha

45 Tamanho da maior mancha na pétala superior

46 Tamanho da maior mancha na pétala inferior



1 Pequena



3 Média



5 Grande

47 Tamanho da zona da base das pétalas

1 Pequena

3 Média

5 Grande

**48 Densidade de flores por inflorescência**

1 Baixa

3 Média

5 Alta

7 Intensa

---

**DHE IPOV - Recomendação:**

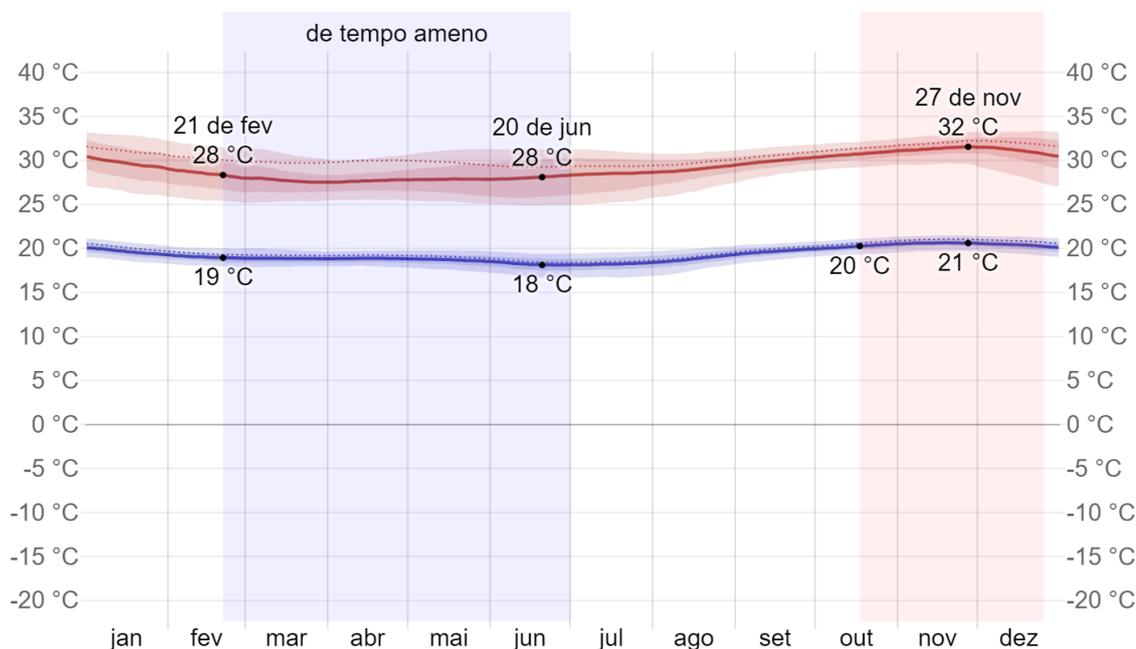
*Pelargonium zonale* Group, *Pelargonium peltatum* (L.) Hér híbridos entre essas espécies e outras espécies de *Pelargonium* L'Hér. ex Ait.

---

## ANEXO 3

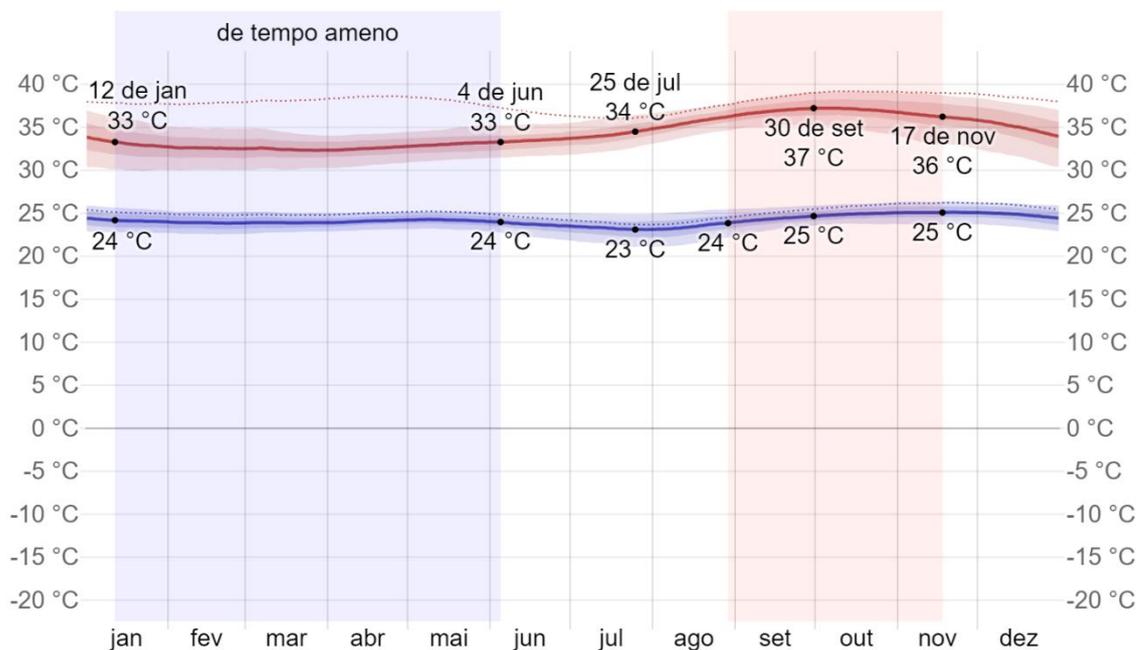
Medidas metrológicas do ano de 2023 para Ibiapina, Ceará e Teresina, Piauí, Brasil, de acordo com dados da WeatherSpark (2024).

Figura suplementar - Temperaturas máximas e mínimas médias em Ibiapina, CE, 2023



Fonte: © WeatherSpark, 2024

Figura suplementar - Temperaturas máximas e mínimas médias em Teresina, PI, 2023



Fonte: © WeatherSpark, 2024.