

**POTENCIAL GERMINATIVO DE FAMÍLIAS DE *Passiflora* SOB  
SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO *Cowpea  
aphid-borne mosaic virus***

**CLEIDIANE ALVES RODRIGUES**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2022**

**POTENCIAL GERMINATIVO DE FAMÍLIAS DE *Passiflora* SOB  
SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO *Cowpea  
aphid-borne mosaic virus***

**CLEIDIANE ALVES RODRIGUES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

**Orientador: Prof. Dr. Henrique Duarte Vieira**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2022**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

R696

Rodrigues, Cleidiane Alves.

POTENCIAL GERMINATIVO DE FAMÍLIAS DE *Passiflora edulis* SOB SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO *Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus* / Cleidiane Alves Rodrigues. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

110 f.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2022.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

1. Passiflora. 2. Sementes. 3. Divergência genética. 4. Índices de seleção. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

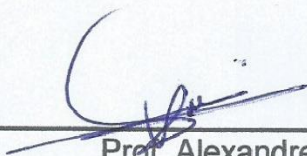
**POTENCIAL GERMINATIVO DE FAMÍLIAS DE *Passiflora* SOB  
SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO Cowpea  
aphid-borne mosaic virus**

**CLEIDIANE ALVES RODRIGUES**

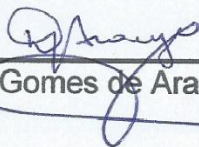
“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Aprovada em 23 de fevereiro de 2022

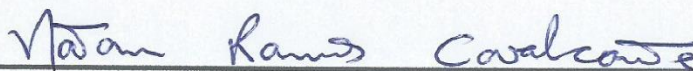
Comissão Examinadora:



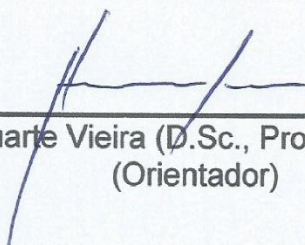
Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Profª. Dênmore Gomes de Araújo (D.Sc., Ciências) – UFRA



Dr. Natan Ramos Cavalcante (D.Sc., Genética e Melhoramento de plantas) –  
UENF



Prof. Henrique Duarte Vieira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
(Orientador)

A Deus, por sempre me fortalecer;

Ao meu pai Nélio, que desde cedo me incentivou aos estudos e hoje é meu anjo  
no céu;

À minha mãe Cleide, pelo exemplo de vida, força e determinação e pela  
dedicação à minha formação pessoal e profissional;

Aos meus irmãos Frank, Fabiana; Nilcicléa; Nilcelia e Cleiciane, pelo amor,  
companheirismo e incentivo de sempre;

Aos meus sobrinhos e verdadeiros amores da minha vida: Fransuellem, Jamilly,  
Felipe, Arthur Breno, Enny Patrícia e Ayla Maitê.

DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, por me reservar saúde e proteção durante toda minha vida e, principalmente, durante a pandemia. Por me guiar e por segurar a minha mão e não me deixar desistir;

Aos meus pais, que me deram a vida, em especial à minha mãe que me ensinou a vivê-la com dignidade, que se doou inteira e renunciou aos seus sonhos para que, muitas vezes, eu e meus irmãos pudéssemos realizar os nossos. Não bastaria um obrigado. Não tenho palavras para agradecer;

Aos membros da minha família que sempre me incentivaram, que mesmo de longe recebia amor e carinho, me proporcionaram alegria e nunca deixavam me sentir sozinha;

Ao Vicente Pontes, por todo incentivo, companheirismo e carinho, por não medir esforços para ajudar na execução deste trabalho, pelos momentos de felicidade quando estávamos juntos e longe da família;

Ao meu orientador Henrique Duarte Vieira, pela oportunidade, sua orientação, apoio, confiança e amizade contribuíram de forma ímpar para o meu crescimento profissional;

Ao professor Alexandre Pio Viana, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho;

À Amanda Justino Acha e Debora Souza Mendes, que foram muito mais que amigas e companheiras de laboratório. Sempre muito dedicadas a passar

conhecimento, agradeço pelos valiosos conselhos, paciência e apoio na elaboração deste trabalho;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Produção e Tecnologia de Sementes, pela oportunidade de realização deste curso;

À FAPERJ, pela concessão da bolsa de apoio de pesquisa;

Aos amigos do Laboratório de Produção e Tecnologia de Sementes (Priscila, Fernanda, Karina, Laisa e Flavio), pelos momentos de conversas e sorrisos dentro e fora do laboratório, pela disponibilidade, apoio e ajuda;

Às minhas amigas e companheiras de moradia (Carol e Gabriela), que tornaram a convivência longe da família mais leve, pelo apoio e por ajudarem sempre que possível nos experimentos, pelos risos, aventuras e experiências que juntas tivemos;

Aos colegas e amigos com quem tive o privilégio de conviver durante o mestrado (Joameson, Lucas, Debora, Rose, Naty, Flávia, Caio, Uéilton, Ruth, Jéssica, Thas e Lili), pelas conversas que me proporcionaram bons momentos, pela felicidade e lazer, e pela ajuda de forma direta ou indireta ao longo desse trabalho;

Aos amigos Yure e Natan, por toda ajuda e explicações relacionadas às análises estatísticas e compreensão dos dados;

À Rosenilda, que chegou num momento crucial, cheia de sabedoria e paciência, obrigada pelas sugestões e contribuição na melhoria do trabalho e pelos ensinamentos. Espero aprender muito mais com você;

À professora Dênora Araújo, pela disponibilidade de participação da banca de defesa, e pelas sugestões visando à qualidade deste trabalho;

Às demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para execução desse trabalho.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3. TRABALHOS .....	21
3.1. POTENCIAL GERMINATIVO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE FAMÍLIAS DE IRMÃOS COMPLETOS DE <i>PASSIFLORA</i> SOB SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO <i>Cowpea aphid-borne mosaic virus</i> ....	21
RESUMO .....	21
ABSTRACT .....	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
RESULTADOS .....	31
DISCUSSÃO .....	47
CONCLUSÃO .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53



3.2. PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO PARA CARACTERÍSTICAS DE SEMENTES DE <i>PASSIFLORA</i> SOB SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO <i>Cowpea aphid-borne mosaic vírus</i> .....	57
RESUMO .....	57
ABSTRACT .....	58
INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAIS E MÉTODOS .....	61
RESULTADOS .....	69
DISCUSSÃO .....	79
CONCLUSÃO .....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89

## RESUMO

RODRIGUES, Cleidiane Alves, M. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2022. Potencial germinativo de famílias de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. Orientador: Henrique Duarte Vieira.

O gênero *Passiflora* apresenta ampla variabilidade genética. O programa de melhoramento do maracujazeiro da UENF vem utilizando técnicas para explorar essa variabilidade visando selecionar genótipos resistentes às doenças e agronomicamente superiores. O objetivo deste trabalho foi identificar genótipos superiores para qualidade de sementes de maracujazeiro, sob seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. Para tal, foram avaliadas 86 famílias de irmãos completos de maracujazeiro quanto ao potencial físico e fisiológico de sementes e estimados os parâmetros genéticos, a divergência e o ganho de seleção. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, composto por 86 FIC do primeiro ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*, e duas testemunhas, *Passiflora edulis* e *Passiflora setacea*. As sementes foram submetidas à avaliação das características físicas de peso de mil sementes e análise digital das sementes (cor e geometria), com auxílio do equipamento *GroundEye*®, e características fisiológicas (porcentagem de germinação, plântulas anormais e sementes não germinadas, índice de velocidade de germinação,

comprimento da parte aérea e raiz das plântulas, peso seco da parte aérea e raiz das plântulas e envelhecimento acelerado). Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), e as médias agrupadas pelo método Scott-Knott. No primeiro trabalho foi avaliado o potencial germinativo das sementes e estimadas as dissimilaridades entre as famílias, pela distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), realizado o agrupamento pelo método UPGMA, estudada a contribuição relativa das variáveis pelo método de Singh. As famílias apresentaram elevado potencial germinativo e vigor, bem como divergência genética para atributos relacionados à qualidade física e fisiológica de sementes. Houve a formação de quatro grupos divergentes pelo método UPGMA, sendo a variável peso de mil sementes a que mais contribuiu para explicar a dissimilaridade entre as famílias. No segundo trabalho foram estimados os parâmetros genéticos, a correlação genotípica e as predições dos ganhos por seleção pelos índices de Mulamba e Mock, Smith e Hazel, Pesek e Baker, e de Williams. Os parâmetros genéticos indicaram a existência de variabilidade genética entre as famílias de irmãos completos de maracujazeiro. Foram observadas correlações altas positivas entre as variáveis estudadas. Foram selecionadas as melhores 26 famílias com base nas características físicas e fisiológica de sementes, que darão origem a população melhorada. O índice de Mulamba e Mock proporcionou a melhor distribuição de ganhos genéticos para as características de sementes, utilizando os pesos arbitrários por tentativa. Os testes utilizados nesta pesquisa mostraram-se eficientes para avaliar o potencial físico e fisiológico das sementes, bem como as características de cor e geometria fornecidas pelo *GroundEye*® possibilitaram a determinação da divergência genética entre as famílias. O índice de Mulamba e Mock apresentou as melhores estimativas de ganho na seleção de famílias superiores, quanto à qualidade de sementes, para constituírem o segundo ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Cleidiane Alves, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February 2022; Germination potential of *Passiflora* families under recurrent selection for resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus. Advisor: Henrique Duarte Vieira

The genus *Passiflora* has wide genetic variability. The passion fruit breeding program at UENF has been using techniques to exploit this variability in order to select disease-resistant and agronomically superior genotypes. The objective of this work was to identify superior genotypes for quality of passion fruit seeds, under recurrent selection for resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus. For this, 86 passion fruit full sibling families were evaluated regarding the physical and physiological potential of seeds and the genetic parameters, divergence and selection gain were estimated. The experiments were carried out in a completely randomized design, consisting of 86 FSF from the first cycle of recurrent selection for resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus, and two controls, *Passiflora edulis* and *Passiflora setacea*. The seeds were submitted to the evaluation of the physical characteristics of the weight of a thousand seeds and digital analysis of the seeds (color and geometry), with the aid of the GroundEye® equipment, and physiological characteristics (percentage of germination, abnormal seedlings and non-germinated seeds, speed index germination rate, length of shoot and root of seedlings, dry weight of shoot and root of seedlings and accelerated aging). Data

were submitted to analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ), and means were grouped using the Scott-Knott method. In the first work, the germination potential of the seeds was evaluated and the dissimilarities between the families were estimated, by the generalized Mahalanobis distance ( $D^2$ ), grouping was performed by the UPGMA method, and the relative contribution of the variables by the Singh method. The families showed high germination potential and vigor, as well as genetic divergence for attributes related to the physical and physiological quality of seeds. There was the formation of four divergent groups by the UPGMA method, with the variable weight of a thousand seeds the one that most contributed to explain the dissimilarity between the families. In the second work, the genetic parameters, the genotypic correlation and the predictions of gains by selection were estimated by the indices of Mulamba and Mock, Smith and Hazel, Pesek and Baker, and Williams. The genetic parameters indicated the existence of genetic variability among the passion fruit full-sib families. High positive correlations were observed between the variables studied. The best 26 families were selected based on the physical and physiological characteristics of seeds, which will give rise to the improved population. The Mulamba and Mock index provided the best distribution of genetic gains for seed traits, using arbitrary weights per trial. The tests used in this research proved to be efficient to evaluate the physical and physiological potential of the seeds, as well as the color and geometry characteristics provided by GroundEye® made it possible to determine the genetic divergence between the families. The Mulamba and Mock index presented the best estimates of gain in the selection of superior families, in terms of seed quality, to constitute the second cycle of recurrent selection for resistance to the Cowpea aphid-borne mosaic virus.

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* apresenta ampla variabilidade genética, sendo constituído por mais de 500 espécies, dentre as quais, cerca de 150 são originárias do Brasil (Borges e Milward-de-Azevedo, 2017). Nota-se que o país tem condições privilegiadas quando se trata de recursos genéticos disponíveis para pesquisa, e essa variabilidade existente pode ser explorada para o desenvolvimento de novas cultivares mediante programas de melhoramento genético. Contudo, deve-se estudar essa diversidade para identificar genótipos mais produtivos, resistentes a doenças e principalmente para obtenção de sementes de alta qualidade física e fisiológica, para introdução em programas de melhoramento genético.

A virose do endurecimento dos frutos causada pelo *Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus* (CABMV) é uma importante doença que acomete a cultura do maracujazeiro no Brasil e limita a produção de frutos, causando perdas expressivas da produção (Cerqueira-Silva et al., 2014).

O vírus é transmitido naturalmente por diversas espécies de afídeos, entretanto, os insetos não colonizam o maracujazeiro, e a relação vírus-vetor é do tipo não persistente, ou seja, tanto a aquisição como a inoculação do vírus pelo inseto são rápidas, durante as picadas de prova (Damatto Junior et al., 2014).

Por não colonizarem o maracujazeiro, medidas tradicionais de controle já não são eficazes para controlar ou erradicar a doença (Fischer e Rezende 2008; Cerqueira-Silva et al., 2014). Assim, identificar fontes de resistência genética é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento do maracujazeiro.

A espécie *Passiflora setacea* é considerada resistente ao CABMV, então, a introgressão de genes resistentes de espécies silvestres em espécie comercial via hibridização interespecífica é uma das estratégias adotadas para o controle da doença, uma vez que não existe controle químico eficaz (Santos et al., 2015). A partir disto, diversos métodos de melhoramento têm sido empregados, dentre os quais temos o retrocruzamento e a seleção recorrente.

A propagação do maracujazeiro ocorre principalmente via seminífera, dada a facilidade e praticidade do processo, além de apresentar menor custo de produção quando comparado aos outros métodos (Meletti et al., 2012, Silva et al., 2015). Porém, este tem algumas limitações, as quais estão relacionadas principalmente à qualidade fisiológica das sementes, causando germinação irregular, formando mudas heterogêneas e menos vigorosas, comprometendo a qualidade destas (Cremasco et al., 2021). Parte dessa variação na germinação pode ser devido à composição genética dos genitores, pois quando cruzados, darão origem às sementes (Alexandre et al., 2004).

Tendo em vista a importância da semente para o estabelecimento da espécie no campo, é imprescindível que os estudos dos programas de melhoramento genético também sejam voltados para a obtenção de genótipos que possuam sementes de alta qualidade tanto genética quanto física e fisiológica. Estudos da diversidade genética com base em descritores físicos e fisiológicos de sementes vêm sendo realizados em diferentes espécies como *Psidium guajava* L. (Krause et al., 2017; Silva et al., 2021), *Passiflora spp.* (Rodrigues et al., 2017; Torres et al., 2019) e *C. papaya* L. (Cardoso et al., 2009; Mengarda et al., 2015), obtendo sucesso na identificação de genótipos divergentes e promissores para a melhoria da qualidade fisiológica de sementes.

São vários os testes que determinam a qualidade fisiológica das sementes como, por exemplo, o teste de germinação sob condições controladas (Brasil, 2009), sendo muito útil para avaliar o potencial germinativo. Teste de vigor (índice de velocidade de germinação, avaliação de plântulas e teste de envelhecimento acelerado) (Marcos Filho, 2015), características físicas (peso de mil sementes), além do uso de equipamentos de imagem digital como o *GroundEye®* permitem analisar variáveis de cor da semente e variáveis geométricas como área, diâmetro máximo e mínimo, e perímetro (Torres et al., 2019).

A qualidade das sementes está, cada vez mais, sendo controlada devido à grande competitividade do mercado, tornando os investimentos cada vez maiores nesta área. Nesse sentido, a busca e caracterização de novos materiais que atendam a esse nicho de mercado é essencial, porém, o melhorista enfrenta grande dificuldade ao tentar reunir muitos atributos num mesmo cultivar. Um dos métodos de grande utilização no melhoramento convencional é a seleção recorrente, que se destaca por promover a concentração de alelos favoráveis ao longo de sucessivos ciclos de seleção e, quando combinada às estratégias multivariadas, permite a seleção com base em conjuntos de caracteres (Borém et al., 2017). Para tanto, o conhecimento dos parâmetros genéticos de uma população traz informações sobre a variabilidade disponível e auxilia o melhorista na tomada de decisão sobre os próximos ciclos de seleção.

A variabilidade genética pode ser quantificada por análises multivariadas, que permitem a avaliação de múltiplas variáveis em um conjunto de genótipos. O método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average*) tem sido amplamente utilizado para estimar a divergência genética em *Passiflora* spp. (Marostega et al., 2017; Rodrigues et al., 2017; Torres et al., 2019). Portanto, estudos sobre a diversidade por meio de caracteres físicos e fisiológicos, e obtidos via fenotipagem digital de sementes, associados às estimativas dos parâmetros genéticos, podem contribuir para aumentar a eficiência no processo de seleção e gerar maiores ganhos através da seleção de genótipos divergentes de alto potencial germinativo para uso no programa de melhoramento.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas e fisiológicas de famílias de irmãos completos de maracujazeiro sob seleção para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*, bem como identificar os genótipos superiores para constituírem o segundo ciclo de seleção recorrente.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origem, aspectos botânicos e propagação de *Passiflora*

Passifloraceae *sensu stricto*, atual subfamília *Passifloroideae*, é uma família pantropical, com distribuição geográfica em regiões tropicais e subtropicais da América e em menor abundância na África, Ásia e Austrália (Milward-de-Azevedo, 2018; Borges et al., 2020).

No Brasil ocorrem quatro gêneros: *Ancistrothyrsus* Harms, *Dilkea* Mast., *Mitostemma* Mast. e *Passiflora* L., com 154 espécies, das quais 87 endêmicas, sendo o país um dos principais centros de diversidade genética (Cervi e Rodrigues, 2010; BFG, 2018).

A maioria das espécies está subordinada ao gênero *Passiflora* L., com cerca de 520 espécies (Borges e Milward-de-Azevedo, 2017), o que caracteriza este gênero como o mais diversificado e onde estão inclusas as principais espécies de importância econômica (Freitas, 2011; Borges et al., 2020).

As espécies do gênero *Passiflora* são popularmente conhecidas como maracujá, e muitas delas são cultivadas por possuírem características de interesse comercial, medicinal, ornamental, de consumo *in natura* ou de produtos processados (Vanderplank, 1996; Ulmer e MacDougal, 2004).

O gênero é caracterizado por apresentar plantas trepadeiras herbáceas ou lenhosas de ramos cilíndricos ou quadrangulares, angulosas, suberificadas, glabras ou pilosas, podendo atingir 5 a 10 m de comprimento, sendo que esta

característica de crescimento da planta exige algum tipo de suporte para seu desenvolvimento (Costa et al., 2015; Faleiro et al., 2017), gavinhas axilares; folhas alternadas simples inteiras ou lobadas, ou compostas, e nectários extraflorais no pecíolo e/ou lâminas foliares; flores com androginóforo e corona de filamentos, cinco estames, três ou quatro carpelos e um lóculo; frutos bagas ou cápsulas e sistema radicular superficial, longo período de produção com florescimento e frutificação em vários meses do ano (Milward-de-Azevedo, 2018).

O gênero *Passiflora* possui grande plasticidade fenotípica, apesar de possuir padrões característicos em sua morfologia floral. Tal fato leva a uma alta variabilidade intraespecífica, causada principalmente pela interação genótipo ambiente das espécies (Paiva et al., 2014; Borges et al., 2020).

A espécie *Passiflora edulis* Sims é a mais conhecida e explorada comercialmente, seu fruto é conhecido como maracujá azedo. Possui alto valor econômico e, devido ao sucesso de sua produção, novas cultivares têm sido descritas (Borges et al., 2020; Faleiro et al., 2020).

A planta não resiste a geadas, e a maioria das espécies não frutifica sob temperaturas baixas (Faleiro et al., 2017). As lavouras comerciais são compostas em sua maioria por cultivares que apresentam variabilidade genética (Rosado et al., 2019), pois as espécies são alógamas e apresentam autoincompatibilidade do tipo homomórfica esporofítica, ou seja, a frutificação depende da polinização cruzada, que pode ser feita naturalmente pelos polinizadores ou artificialmente pelo produtor (Bruckner et al., 1995; Faleiro et al., 2017).

O método de propagação mais empregado é por sementes, embora a multiplicação assexuada, a exemplo de mudas de estaquia, enxertia ou cultura de tecidos também seja possível (Alexandre et al., 2004).

## **2.2. Importância socioeconômica**

O cultivo do maracujazeiro (*P. edulis*) é uma importante opção de geração de empregos no campo, no setor de venda de insumos, nas agroindústrias e nas cidades, além de ser importante opção de renda para micro, pequenos, médios e grandes fruticultores, pois oferece rápido retorno econômico e receita distribuída na maior parte do ano, quando comparado a outras frutíferas (Meletti, 2011; Faleiro et al., 2017).

Apresenta alta empregabilidade, pois requer número elevado de mão de obra, gerando empregos e renda para as cidades e para o campo, possui alta relevância social, servindo como cultura alternativa para a agricultura familiar. Além do mercado de fruta fresca e processamento de sucos, tem potencial para as indústrias de cosméticos, indústria alimentícia, ornamental e medicinal (Ferreira et al., 2003, Meletti, 2011).

O Brasil é o maior produtor e consumidor do fruto, com uma produção de 690.364 toneladas em uma área plantada de 46.530 hectares no ano de 2020. A Região Nordeste vem liderando a produção desta cultura com 491.326 toneladas, responsável por cerca de 71,16% da produção brasileira, com destaque para os estados da Bahia (BA) e Ceará (CE) que juntos somam 57,48% da produção total do país, e a Região Sudeste é a segunda que mais produz (12,20%) com 84.273 toneladas (IBGE, 2021).

Nos últimos anos a produção e a área plantada praticamente dobraram e a demanda pelos frutos de maracujá continuam aumentando (Cerqueira-Silva et al., 2014). O cenário mercadológico internacional sinaliza que cada vez mais serão valorizados os aspectos qualitativos e o respeito ao ambiente, na produção de qualquer produto e que os principais países importadores e as principais frutas exportadas, incluindo o maracujá, mostram a grande potencialidade de mercado, tendo em vista, principalmente, o aperfeiçoamento dos mercados, a busca por processos de certificação, a mudança de hábitos alimentares e a necessidade de alimentos seguros e com propriedades funcionais (Faleiro et al., 2017)

### **2.3. Características gerais de sementes de *Passiflora***

As sementes das espécies de *Passiflora* apresentam, em sua maioria, formato oval, comprimidas, reticuladas, pontuadas ou transversalmente alveoladas, com testa endurecida, faveolada ou estriada, envolvidas por um arilo mucilaginoso, carnoso ou membranoso, sendo o endosperma carnoso (Vanderplank, 2000; Lima e Cunha; 2004). As sementes possuem uma testa membranácea, delgada, que muitas vezes tem o mesmo aspecto do tégmen, este se caracteriza por ter retículos, crestas, fôveas, os quais se fundem no endosperma. As sementes maduras são frequentemente de cor escura ou marrom (Degiani, 2001). O arilo é translúcido (Kloos e Bouman, 1980).

As sementes são monocromáticas, de coloração escura, ovoide ou elíptica, tegumento rígido e ornamentado, o ápice apresenta uma protuberância central fundida, base aguda e bordo inteiro (Araujo et al., 2009).

Pérez-Cortez et al. (2002), ao avaliarem as dimensões e as características morfológicas de 51 espécies de *Passiflora*, verificaram que as sementes são monocromáticas, de cor marrom com variações na tonalidade, tegumento rígido e a superfície da zona central ornamentada.

Diversos autores, como Pérez-Cortez et al. (2002), Tillett (1988), MacDougal (1994) e Deginani (2000) relatam que as ornamentações da superfície seminal em espécies de *Passiflora* possuem valor descritivo, permitindo a identificação das espécies, sendo de grande utilidade para o agrupamento e caracterização das mesmas.

As sementes são tidas como ortodoxas, que toleram a secagem aos baixos teores de água entre 2 e 5% e podem ser armazenadas em baixas temperaturas por longos períodos; ou intermediárias, tolerando a dessecação entre 7 e 10% de teor de água, mas não toleram baixas temperaturas durante períodos de tempo prolongado (Posada et al., 2014), apresentam dormência, ocasionada pelo mecanismo de controle da entrada de água devido à dureza do tegumento e à ausência ou baixo nível de reguladores de crescimento (Morley-Bunker, 1974; Souza et al., 2006; Martins et al., 2010).

Orozco-Restrepo et al. (2014) observaram baixa germinação (> 7%) em sementes de *Passiflora setacea* obtidas de polinização natural, autopolinização e cruzamento entre flores de diferentes plantas, comprovando a baixa taxa de germinação desta espécie. *Passiflora edulis*, por sua vez, apresenta alta taxa de germinação, conforme demonstrado no estudo de Santos et al. (2015), que obteve percentuais superiores a 90% em sete genótipos em aberto e autopolinização, os quais foram realizados na fase de botão, visando superar a autoincompatibilidade. No caso de híbridos de progênie de maracujá, a porcentagem de germinação variou de 3% a 84% (Souto et al., 2017) e a porcentagem de emergência de sementes observada em hibridações interespecíficas envolvendo *P. setacea* e *P. edulis* variou de 23% a 80% (Freitas et al., 2015).

Para Carvalho e Nakagawa (2012), algumas substâncias que inibem o processo germinativo podem se concentrar em tecidos que recobrem as sementes ou em camadas do fruto. Pereira e Dias (2000) constataram que o arilo, o qual

consiste em capa de constituição gelatinosa rica em pectina, prejudicou a uniformidade da germinação de espécies de *Passiflora* por atuar como barreira ou conter substâncias reguladoras de crescimento. Martins et al. (2010) identificaram esteroides, triterpenoides e açúcares redutores como classes de substâncias presentes no arilo de sementes de *Passiflora edulis*, e constataram que tais substâncias inibem e reduzem a germinação. Essas substâncias certamente interferiram diretamente ou indiretamente na absorção de água pelas sementes.

Problemas de germinação de sementes são muito comuns no gênero *Passiflora*, até mesmo no maracujá azedo, e têm se mostrado um fator limitante para os programas de melhoramento genético da cultura (Meletti et al., 2002; Santos et al., 2016).

Alexandre et al. (2004) ao avaliarem a germinação de diferentes genótipos de maracujazeiro, identificaram que a germinação não é influenciada pelo tempo de embebição e sim pelo genótipo das plantas.

Santos et al. (2016) observaram que *P. edulis* apresenta uma elevada taxa de emergência de sementes, independente do estágio de maturação do fruto, tempo de armazenamento e quebra de dormência. Por outro lado, *P. setacea* apresentou resultados variados sob mesmas condições experimentais. Essa avaliação, diferente ao observado em *P. edulis*, possivelmente, resulta do estado silvestre da espécie *P. setacea* que ainda não passou por processo de seleção e melhoramento genético.

#### **2.4. Avaliação do potencial fisiológico das sementes**

A obtenção da máxima qualidade fisiológica das sementes é definida por ocasião da maturidade fisiológica, momento em que a semente se desenvolve ao máximo na planta. A partir deste momento, tende-se a ocorrer uma queda progressiva na qualidade da semente, em função do processo de deterioração (Carvalho e Nakagawa, 2012).

O processo de deterioração pode ocorrer durante o armazenamento. A duração e a intensidade desse processo são determinadas principalmente pela interação entre a herança genética, o teor de umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente, o que proporciona alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, determinando a redução do vigor, o que ocasiona com a morte da semente (Marcos-Filho, 2015).

Existem vários testes que visam determinar a qualidade fisiológica das sementes com o objetivo de fornecer informações sobre a viabilidade e o vigor de um lote. Juntamente com o teste padrão de germinação, cuja metodologia está prescrita nas Regras para Análises de Sementes, podem ser obtidas informações sobre a velocidade de germinação, comprimento e massa seca das plântulas. Sendo que tais informações são utilizadas como testes de vigor baseados no desempenho fisiológico das plântulas normais. Complementando o teste de germinação, criou-se o teste de vigor, entre eles, pode-se citar os testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e tetrazólio (Marcos-Filho, 2015).

O vigor de sementes pode ser definido com a capacidade de lotes de sementes apresentarem emergência rápida e uniforme, formando plântulas normais, em condições adversas ao ambiente (AOSA, 1983). Os testes de vigor em sementes podem ser usados para diferentes finalidades, como para determinar o potencial de germinação em campo e o potencial de armazenamento e, ou para comparar a qualidade fisiológica de sementes de diferentes lotes (Marcos-Filho, 2015).

O teste padrão usado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes tem como objetivo avaliar a qualidade de lotes de sementes e o valor para semeadura, em combinação com outras características que compõem a análise de sementes (Brasil, 2009).

Esses resultados proporcionam um conjunto de informações que constituem a base para comparar a qualidade de diferentes lotes e selecionar aqueles que possuem os melhores atributos para apresentar o desempenho desejado (Marcos-Filho, 2015). O teste padrão de germinação determina, numa amostra, a proporção de sementes vivas e capazes de produzir plântulas normais (*Association of Official Seed Analysts – AOSA, 1983*).

Entretanto, deve-se levar em conta que o teste de germinação é realizado no âmbito de um laboratório, o que não avalia o potencial fisiológico das sementes sob condições desfavoráveis de germinação, as quais normalmente ocorrem no campo (Carvalho e Nakagawa, 2012). Visto isso, têm sido desenvolvidos e aprimorados vários testes de vigor com o objetivo de agregar informações aos resultados já obtidos no teste padrão de germinação.

Dentre os testes para avaliação do vigor de sementes, um dos mais comuns e usados para diferentes espécies é o teste de Envelhecimento Acelerado

(EA). Esse teste avalia a resistência das sementes após um período de exposição às condições de elevada temperatura e umidade relativa do ar (Krzyzanowski et al., 2020), as quais provocam reações oxidativas nos constituintes celulares da semente (Menezes et al., 2014) e resultam na diminuição da porcentagem e velocidade de germinação, bem como no aumento da formação de plântulas anormais. Dessa forma, sementes que apresentam baixa qualidade se deterioram mais rapidamente do que as mais vigorosas, resultando na diminuição acentuada de sua viabilidade após serem submetidas ao EA.

Ao procederem com a execução de testes de envelhecimento acelerado à temperatura de 40 °C durante 0, 24 e 48h em lotes de sementes de maracujá amarelo, Larré et al. (2007) verificaram que houve redução da qualidade fisiológica e da viabilidade das sementes, quando as sementes foram expostas ao envelhecimento durante 48h. Segundo Barbosa et al. (2009), o processo de envelhecimento acelerado torna-se mais prejudicial às sementes, à medida em que se aumenta o tempo de exposição.

Santos et al. (2011) também verificaram que o teste de vigor, envelhecimento acelerado de 48h, conduzido a 41°C, foi eficiente quanto à diferenciação de níveis de vigor em sementes de alface e de almeirão. Lima et al. (2014) verificaram que o teste de envelhecimento acelerado, utilizando a metodologia tradicional, no período de 24 horas e à temperatura de 41°C, mostrou ser o teste de vigor mais eficiente na avaliação do potencial fisiológico das sementes de *Poincianella pyramidalis*. Nery et al. (2018) avaliaram o efeito dos testes de envelhecimento acelerado em sementes de gergelim utilizando o método tradicional (45 °C por 72h) e solução saturada de NaCl a 45°C por 48 horas, e ambos foram eficientes para diferenciar lotes mais ou menos vigorosos.

Neste contexto, o teste de envelhecimento acelerado tem-se mostrado eficiente para determinação do vigor em diferentes espécies, e pode ser utilizado como ferramenta muito importante para auxiliar a tomada de decisões em diferentes etapas da produção e do uso das sementes, incluindo as pesquisas de melhoramento genético, e na identificação de diferenças no potencial fisiológico entre amostras com germinação semelhantes e na avaliação do potencial de armazenamento, dentre outros.

## 2.5. Fenotipagem das sementes via análise digital de imagens

A análise de imagens evoluiu como um recurso tecnológico para avaliação de características individuais das sementes, de maneira quantificável, em que as imagens geralmente são captadas, registradas e processadas em computador, com auxílio de *softwares* específicos. A utilização de recursos de análises de imagens para avaliação de sementes caracteriza-se por serem rápidos, precisos e não destrutivos, permitindo a utilização das mesmas para testes subsequentes (Marcos-Filho, 2015).

No Brasil, com objetivo de realizar a captura de imagens, histogramas e gráficos que facilitem a análise de imagens das sementes e plântulas, foi desenvolvido o equipamento SAS (Sistema de Análise de Sementes), pela empresa Tbit em 2011. Nos anos posteriores o *software* passou por atualizações em que, no ano de 2015, seu nome foi alterado para *GroundEye*® (Ferreira et al., 2018).

O equipamento é composto por um módulo de captura e *software* de análise. O objeto de estudo é colocado em uma bandeja de acrílico no modo de captura e sua imagem é registrada por uma ou duas câmeras, dependendo da versão usada. A técnica é baseada em obter informações de objetos registrados, com base em características físicas como cor, textura, geometria, dentre outros (Andrade et al., 2016).

O *GroundEye*® possui alta interatividade com o usuário, por disponibilizar planilhas, imagens, gráficos, estatísticas e histogramas, além de ferramentas de inteligência artificial que facilitam as análises (TBIT, 2014). Com isso, pode-se otimizar os processos como o de análise da qualidade de sementes, uma vez que o equipamento fornece resultados rápidos, padronizados e confiáveis.

Dentre as principais formas de utilização dos recursos da análise de imagens de sementes, podem ser destacados: avaliação das injúrias mecânicas em sementes (Mondo et al., 2009; Pinto et al., 2012); relações entre características físicas e potencial fisiológico das sementes (Acha e Vieira, 2020); identificação de sementes de diferentes espécies (Oliveira et al., 2017); determinação de características físicas (tamanho, forma, cor, dimensões) de sementes (Krause et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Torres et al., 2019).

O uso de descritores voltados para as características físicas das sementes pode representar uma estratégia relevante para auxiliar na seleção de genótipos



em programas de melhoramento genético vegetal, uma vez que é possível determinar a diversidade genética para as variáveis relacionadas à semente (Ferreira et al., 2018).

Diferentes estudos com o uso do *GroundEye*®, estão descritos na literatura. No milho, o sistema foi capaz de distinguir os diferentes lotes de sementes e, além disso, não foram observadas diferenças significativas entre os dados de vigor obtidos pelo *software* e os obtidos pela avaliação em canteiro (Andriazzi et al., 2020). A avaliação morfológica de sementes de *Amaranthus spp.* Foi capaz de distinguir as diferentes espécies, através de características geométricas e de predominância de cores, fornecidas pelo *software* (Xavier et al., 2019). O *Groundeye*® foi eficiente e preciso nas avaliações das características físicas de sementes de soja (*Neonotonia wightii*) recobertas (Acha e Vieira, 2020).

O equipamento vem sendo utilizado com sucesso, em programas de melhoramento genético vegetal, para determinar características relevantes que possam contribuir na divergência genética entre diferentes acessos para diferentes espécies como o da goiaba (Krause et al., 2017; Silva et al., 2021) e maracujá (Ferreira et al., 2018; Fachi et al., 2019; Torres et al., 2019).

Em goiabeira, Krause et al. (2017) atestaram a eficiência da análise de imagens digitais de sementes para quantificação da diversidade genética entre genótipos de famílias endogâmicas e atestaram a eficiência do uso da análise de imagens, quando associada ao método Ward-MLM, e concluíram que o conjunto de variáveis relacionadas à geometria da semente foi o maior contribuinte para a divergência entre os genótipos. Em população segregante de *Passiflora spp.*, Torres et al. (2019) observaram que a diversidade genética pode ser estimada a partir dos caracteres morfológicos das sementes, podendo ser avaliada de maneira mais precoce e rápida do que a estimativa da diversidade a partir de caracteres fisiológicos de sementes. Ao avaliarem sementes de 35 famílias de irmãos completos de maracujazeiro azedo, Ferreira et al. (2018) selecionaram cinco descritores de cor, seis de geometria e seis de textura, o que demonstrou que a análise digital de imagens é uma ferramenta viável e eficiente na mensuração de descritores.

Portanto, o equipamento *GroundEye*® tem se demonstrado uma ferramenta eficaz e promissora para avaliar tamanho, forma e cor de sementes, auxiliando assim, os estudos de diversidade genética a partir de caracteres de sementes.

## 2.6. Aspectos genéticos para qualidade fisiológica de sementes

Qualidade da semente se refere a um conjunto de características que determinam seu valor para a semeadura, considerando os atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária, que vão conferir um padrão de excelência e determinar o potencial de desempenho desta após semeadura ou durante o armazenamento. O vigor é caracterizado como sendo a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula. Assim, o vigor reflete a manifestação de um conjunto de características que determina o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas expostas às mais variadas situações do ambiente (Marcos-Filho, 2015).

Vigor genético é representado pela heterose, que é o aumento da intensidade de alguns fenômenos fisiológicos, decorrentes do cruzamento entre indivíduos contrastantes, ou seja, o híbrido expressará a heterose quando sua média for superior à dos seus genitores (Borém e Miranda, 2017). Entretanto, o vigor fisiológico das sementes leva em consideração, além do fator genético, as condições de produção, os danos mecânicos, a presença de microrganismos e insetos, as condições ambientais de armazenamento, a densidade e o tamanho, a idade e a temperatura inadequada durante a embebição da semente (Carvalho e Nakagawa, 2012). Recentemente, programas de melhoramento de maracujazeiro têm considerado a influência genética na expressão da qualidade da semente, como germinação, emergência e vigor de mudas (Souto et al., 2017).

As características relacionadas à qualidade fisiológica das sementes são geralmente herdadas de seus pais, portanto, variedades de uma espécie podem apresentar variações em vigor, germinação e emergência em campo (Mertz et al., 2009). Pelo fato de o maracujazeiro ser uma planta alógama, deve-se considerar que a escolha correta dos genitores e o planejamento dos cruzamentos podem maximizar a frequência de alelos favoráveis, sendo assim, indivíduos com boas características agrônômicas teriam a heterose favorecida por meio de cruzamentos entre indivíduos com certo grau de divergência genética, possibilitando a obtenção de cultivares superiores (Viana et al., 2007).

As estimativas de parâmetros genéticos são de fundamental importância em programas de melhoramento de qualquer cultura, pois funcionam como

indicadores numéricos do nível de variabilidade existente em uma população, sugerem o potencial genético desta, expondo a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres e permitem aferir a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento, além de possibilitar o acompanhamento da manutenção da variabilidade adequada na população (Câmara et al., 2007). De uma forma direta, as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos são de grande utilidade para direcionar nas tomadas de decisões (Rodrigues et al., 2011). Dentre os parâmetros genéticos de maior importância, destacam-se as variâncias genéticas, as correlações e as herdabilidades (Cruz e Carneiro, 2003).

A variância fenotípica ( $\sigma^2_f$ ) representa a variabilidade total existente dentro da população, sendo resultante num mesmo ambiente, do somatório entre a variância genética ( $\sigma^2_g$ ) e a variância ambiental ( $\sigma^2_e$ ). A variância genética é resultante das diferenças genéticas entre os genótipos, sendo subdividida em variância aditiva ( $\sigma^2_A$ ) e de dominância ( $\sigma^2_D$ ), que correspondem às respectivas ações gênicas que coordenam a expressão dos caracteres. Os componentes da variância fenotípica podem ser estimados a partir dos quadrados médios da análise de variância que, quando igualados às esperanças matemáticas, permitem a estimação das variâncias de diferentes naturezas (Vencovsky e Barriga, 1992; Cruz et al., 2012).

A partir dos parâmetros genéticos, é possível estimar a herdabilidade, que corresponde à proporção herdável da variância fenotípica total, ou seja, a proporção de natureza genética. A herdabilidade é o parâmetro de maior importância, pois a partir de sua estimativa estabelece-se a estratégia a ser adotada pelo programa de melhoramento genético e se estimam os ganhos genéticos em populações segregantes. A herdabilidade se trata de um caractere numérico e varia entre 0 e 1, em que um genótipo com herdabilidade igual a zero, significa que a manifestação de determinado fenótipo, ou a variabilidade fenotípica observada, é totalmente regulada pelo ambiente. Enquanto um genótipo que possui herdabilidade igual a um, representa que a manifestação do fenótipo é controlada totalmente por fatores genéticos, portanto, não sofre influência do ambiente (Falconer, 1987; Borém e Miranda, 2013). Desta maneira, quanto mais próximo à um for a herdabilidade, maior será a contribuição genética para a manifestação de determinado fenótipo, apresentando assim maior herdabilidade do caractere e, conseqüentemente, melhor progresso genético com a seleção.

O índice de variação ( $I_v$ ) é um parâmetro importante porque oferece uma ideia real da situação de cada característica para o programa de melhoramento. Esse índice refere-se à razão do coeficiente de variação genética em razão ao coeficiente de variação ambiental ( $CV_g/CV_e$ ), sendo desejável que essa estimativa atinja valores próximos ou superiores a um (Vencovsky, 1987; Cruz et al., 2014).

Outro parâmetro genético muito utilizado é a correlação genética, que indica o grau de associação entre dois caracteres, e pode ser positiva, negativa e nula. Uma correlação positiva, entre dois caracteres, indica influência positiva entre os dois, ou seja, o aumento de um promove o incremento do outro. A correlação negativa indica que o dado caractere influencia negativamente noutro caractere, portanto o aumento de um, resulta no decréscimo do outro, e vice-versa. Enquanto a correlação é nula, indica que um caractere não exerce influência sobre outro caractere.

A correlação genética corresponde à porção genética da correlação fenotípica, e se refere à porção herdável, sendo assim, a utilizada em programas de melhoramento genético. O conhecimento a respeito do grau de associação entre os caracteres se faz importante em programas de melhoramento genético e pode ser fundamental quando há o interesse na seleção simultânea de caracteres desejáveis, ou quando a herdabilidade do caractere desejável é baixa (Cruz et al., 2012; Borém e Miranda, 2013). Desta maneira, ao selecionar um caractere que apresente correlação positiva com o caractere de interesse do melhorista, é possível aumentar a eficiência de seleção de uma característica.

Estudos têm mostrado a importância do conhecimento dos parâmetros genéticos para características de sementes de diversas espécies, auxiliando nos programas de melhoramento genético. Para sementes de cenoura, Martins et al. (2014) encontraram diferentes valores de herdabilidade para características de sementes: 99,6 para peso de 100 sementes; 91,5 para germinação e 90,4 para envelhecimento acelerado com água. Em híbridos de maracujá, Cremasco et al. (2021) encontraram valores de herdabilidade para peso de 100 sementes de 0,99; índice de velocidade de emergência de 0,77; comprimento da raiz de 0,74 e massa seca de mudas de 0,90; sendo consideradas herdabilidade de alta magnitude. Já para emergência, comprimento da parte aérea e número de mudas normais, os valores de herdabilidade foram de 0,32, 0,00 e 0,33, respectivamente, sendo

consideradas herdabilidade baixa. Esses parâmetros auxiliam o melhorista nas tomadas de decisões nos programas de melhoramento genético vegetal.

## **2.7. Uso de índices de seleção em melhoramento de *Passiflora***

Na condução de um programa de melhoramento genético vegetal, selecionam-se os genótipos levando em consideração mais de uma característica, simultaneamente. Nesse sentido, o genótipo selecionado reúne, ao mesmo tempo, uma série de atributos favoráveis capazes de satisfazer as exigências do produtor ou consumidor (Silva e Viana, 2012).

O modo mais rápido e prático de obter ganhos em relação a uma característica é praticar a seleção direta sobre ela. No entanto, a indicação de cultivares, baseando-se em apenas uma ou em poucas características, pode não ser a melhor opção, visto que o produto final da seleção pode ser superior em relação aos caracteres selecionados, mas em relação ao conjunto de características podem apresentar o desempenho menos favorável. Tal fenômeno é denominado de resposta correlacionada à seleção podendo ser ou não de interesse para o melhorista (Cruz et al., 2012).

Devido às dificuldades de estabelecer pesos econômicos, Cruz (1990) propôs que os pesos econômicos poderiam ser estimados a partir das estatísticas dos próprios dados experimentais, então, o coeficiente de variação genético se constituiria num bom referencial, pelo fato de ser um caráter adimensional e diretamente proporcional à variância genética.

O índice clássico, ou índice de Smith (1936) e Hazel (1943), é um dos mais utilizados. Segundo esses autores, para se estabelecer o índice de seleção são necessários o valor econômico relativo à cada característica, às variâncias e covariâncias (genotípicas e fenotípicas) das características agrônômicas desejáveis.

Pesek e Baker (1969) sugeriram o uso de ganhos genéticos desejados de características individuais para substituir os pesos econômicos referidos no cálculo dos índices de seleção. Para usar essa alteração proposta, é necessário calcular as médias dos genótipos, as matrizes de variância, covariância genotípica e fenotípica. Assim, podem-se calcular os coeficientes dos índices, sem designar pesos econômicos, resultando em um ganho máximo para cada característica, de

acordo com a importância relativa assumida pelo melhorista na especificação do ganho desejado.

Por outro lado, Willians (1962) propôs o denominado índice-base com o objetivo de evitar a interferência de imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias (fenotípicas e genotípicas), na estimação dos coeficientes que constituem o índice. Este método propõe ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos, evitando a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias (Cruz e Carneiro, 2003).

Já o índice de soma de *ranks* de Mulamba e Mock (1978) é um tipo de índice fenotípico, de fácil aplicabilidade, que consiste em classificar os genótipos a partir da média de cada uma das características, em ordem favorável ao melhoramento. Após a classificação, são somadas as ordens de cada material genético referente à cada característica, resultando em uma medida adicional, tomada como índice de seleção.

No melhoramento do maracujazeiro, os índices de seleção proporcionaram resultados eficientes para a seleção de genótipos superiores. Silva et al. (2017) encontraram resultados satisfatórios na seleção das progênes em população de maracujazeiro oriundo de terceiro ciclo de seleção recorrente. Silva e Viana (2012) verificaram que o índice de Mulamba e Mock permitiu selecionar progênes superiores de maracujá para dar prosseguimento ao programa de seleção recorrente intrapopulacional. Moreira et al. (2019) verificaram que o índice de seleção de Smith e Hazel, utilizando as médias fenotípicas padronizadas, foi mais eficiente na identificação de indivíduos de mamoeiro com melhores valores para as características: teor de sólidos solúveis, peso de fruto, comprimento e largura do fruto, altura da planta, inserção do primeiro fruto e espessura da polpa.

No entanto, vale ressaltar que as avaliações dos autores citados trabalharam com características da planta e fruto, faltam estudos relacionados ao ganho de seleção para as características de sementes, como germinação e vigor.

## **2.8. Programa de melhoramento genético do maracujazeiro visando resistência ao CABMV**

A seleção recorrente baseia-se num processo cíclico de seleção e recombinação de indivíduos ou progênes superiores de uma população base geneticamente heterogênea. Sua finalidade é aumentar gradativamente a

frequência de alelos favoráveis na população, associada à melhor expressão do caráter sob seleção, sem diminuir sua variabilidade genética de forma significativa; o que pode ocorrer durante processos de seleção sucessivos, comprometendo o potencial genético de populações e a obtenção de genótipos superiores (Freitas et al., 2012).

A seleção recorrente é classificada em duas categorias: seleção recorrente intrapopulacional e interpopulacional. Na seleção interpopulacional o objetivo é o melhoramento do cruzamento de duas populações, já na recorrente intrapopulacional o objetivo é melhorar a performance da população *per se* (Borém et al., 2017). Os mesmos autores ressaltam que os métodos intrapopulacionais, em geral, são os mais comumente utilizados do que os interpopulacionais, pois são de mais fácil execução e aplicáveis à maioria das características agrônomicas.

O procedimento consiste na obtenção das progênes, avaliação e seleção das superiores, finalizando com a recombinação destas, para a formação de uma nova população que será utilizada para iniciar um novo ciclo de seleção, e assim sucessivamente. Este processo é dinâmico, contínuo e repetido várias vezes. A seleção será finalizada quando as progênes obtidas alcançarem níveis satisfatórios, ou seja, mostrarem o desempenho desejado e/ou atingirem a exaustão da variabilidade genética (Cordeiro et al., 2003; Cordeiro e Rangel, 2012; Ramalho et al., 2005). Em geral, este método é utilizado em programas de melhoramento a médio e a longo prazo que visam o aumento contínuo e progressivo da frequência de alelos favoráveis, além de diminuir os riscos da vulnerabilidade genética (Krause et al., 2012).

É uma estratégia muito eficiente para o desenvolvimento de cultivares com alta frequência de alelos favoráveis para resistência e para outras características desejáveis, como a qualidade de sementes. Introduzir essa vertente no programa de melhoramento genético do maracujazeiro possibilita o sucesso com o lançamento de uma cultivar resistente, com bons potenciais germinativos e agrônomicos.

O maracujá azedo é suscetível às inúmeras doenças que limitam o desenvolvimento da cultura e que não se conhece um controle químico eficiente e econômico e, destas, destaca-se a virose do endurecimento dos frutos, causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), doença viral mais importante da cultura (Lima et al., 2018; Cerqueira-Silva et al., 2014).

Sua transmissão é realizada durante as picadas de prova efetuadas por diversas espécies de afídeos (*Aphididae*). Seu controle químico é ineficiente, uma vez que os pulgões não colonizam o maracujá e a relação vírus-vetor é caracterizado como sendo do tipo não-persistente e não-circulativa (Di Piero et al., 2006; Rezende, 2006; Freitas et al., 2015). A doença limita a produção de frutos causando perdas expressivas da produção (Cerqueira-Silva et al., 2014).

A espécie *Passiflora setacea* DC é considerada resistente ao CABMV, então, a introgressão de genes resistentes de espécies silvestres em espécie comercial via hibridização interespecífica é uma das estratégias adotadas para o controle da doença (Santos et al., 2015).

O programa de melhoramento do maracujazeiro da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) busca fontes de resistência ao CABMV via incorporação de genes de resistência ao CABMV. Esse processo foi realizado via cruzamento interespecífico entre *P. setacea* (resistente ao CABMV) e *P. edulis* (espécie de interesse comercial e suscetível), em seguida, os híbridos foram selecionados quanto à resistência ao CABMV e às características agrônômicas de interesse (Santos et al., 2014; 2015b; Freitas et al., 2016). A partir deste cruzamento foram selecionados os melhores híbridos e, desde então, vêm sendo conduzidos retrocruzamentos, seleções e recombinações (Santos et al., 2015a; Santos et al., 2019b; Preisigke et al., 2020a e b, Vidal et al., 2021).

Atualmente, o programa de melhoramento genético de maracujazeiro da UENF iniciou estudos com a seleção recorrente visando à resistência ao CABMV.

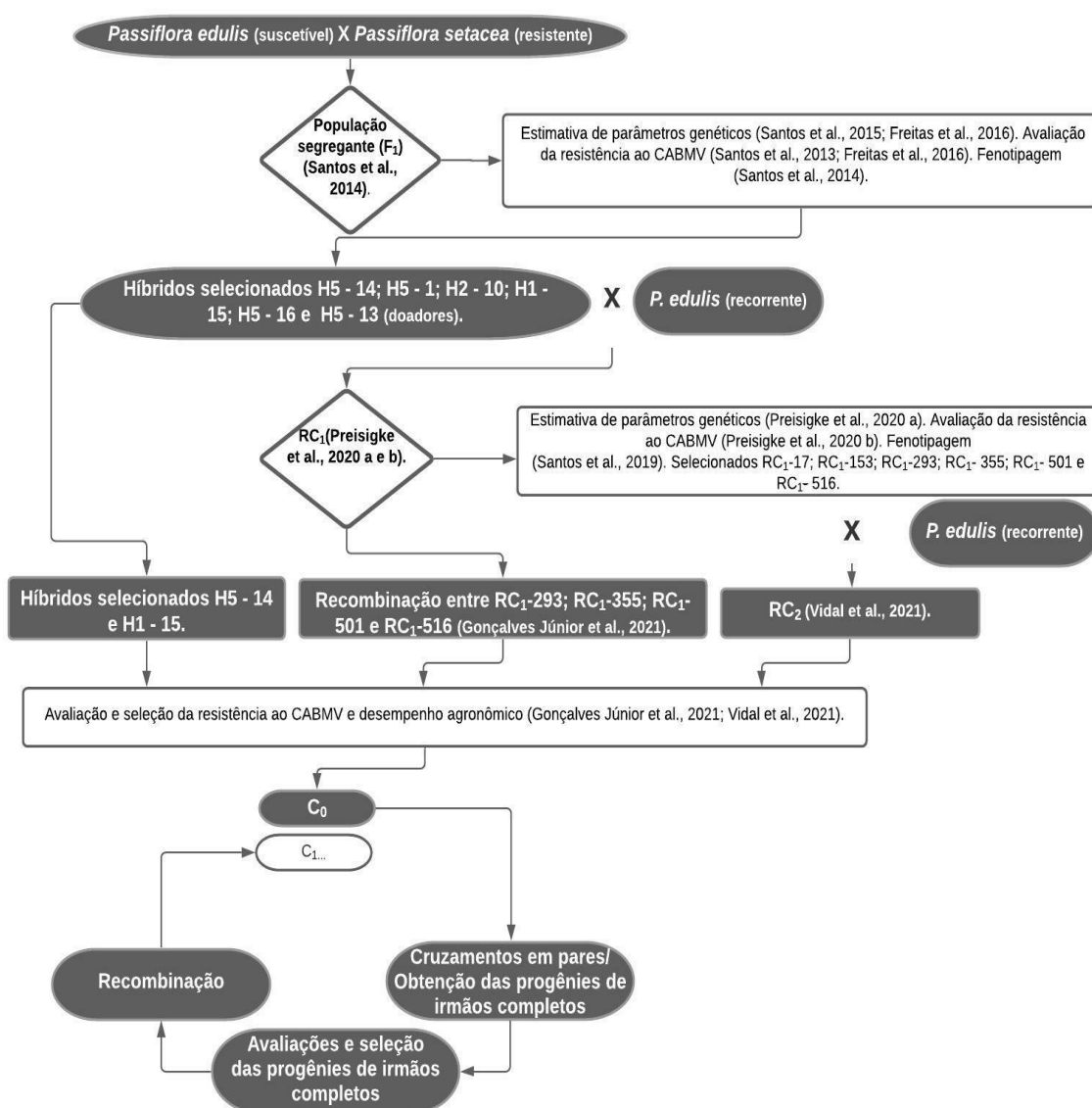
A população inicial ( $C_0$ ), denominada população-base, é oriunda do cruzamento de diferentes materiais, a saber: indivíduos selecionados da população de RC1 do cruzamento da cultivar UENF “Rio Dourado” (*P. edulis*) x *P. setacea* (Gonçalves et al., 2021); indivíduos selecionados da população RC<sub>2</sub> (retrocruzamento entre o genitor recorrente UENF “Rio Dourado” x genótipos selecionados da população RC<sub>1</sub>) (Vidal et al., 2021); híbridos interespecíficos (*P. edulis* x *P. setacea*).

Os genótipos superiores foram aqueles que apresentaram resistência ao CABMV e que apresentaram bom desempenho agrônômico. Após a avaliação e o ranqueamento desses genótipos, foram selecionados os 38 melhores, que foram inter cruzados em pares, originando as 90 famílias de irmãos completos que estão



sendo conduzidas e avaliadas no primeiro ciclo de seleção recorrente visando desenvolver cultivares resistentes e com bom desempenho agrônômico (Figura 1).

E para contribuir com o programa, faz-se necessário a caracterização da divergência genética das famílias de irmãos completos via análises de sementes, pois a nível comercial o maracujá é propagado por sementes, o que demonstra a importância de avaliar a contribuição de seus atributos no melhoramento genético dessa cultura.



**Figura 1.** Fluxograma das etapas do programa de melhoramento do maracujazeiro, visando à resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fonte: Mendes, D. S. (não publicado).

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. POTENCIAL GERMINATIVO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE FAMÍLIAS DE IRMÃOS COMPLETOS DE *PASSIFLORA* SOB SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO *Cowpea aphid-borne mosaic virus*

##### RESUMO

O estudo do potencial fisiológico das sementes e das divergências genéticas entre famílias é essencial para a identificação de materiais promissores para a obtenção de populações melhoradas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial germinativo e estimar a divergência genética entre famílias de irmãos completos (FIC) de *Passiflora* com base em características físicas e fisiológicas de sementes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por 86 FIC do primeiro ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*, e duas testemunhas, *Passiflora edulis* e *Passiflora setacea*. As sementes foram despulpadas e submetidas à avaliação quanto às 19 características físicas e fisiológicas. Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), e as médias agrupadas pelo método Scott-Knott. As estimativas das dissimilaridades foram obtidas pela distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) e formação do agrupamento pelo método UPGMA. A contribuição relativa das variáveis foi estimada pelo método de Singh. A maioria das famílias de

irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente apresentaram alto potencial germinativo e vigor. Foi observada divergência genética entre as FIC de maracujazeiro passíveis de seleção, visando maior qualidade fisiológica de sementes. A análise de agrupamento identificou a formação de quatro grupos, sendo a característica peso de mil sementes a que mais contribuiu para explicar a dissimilaridade entre as famílias. As características fisiológicas das sementes, bem como as características de cor e geometria fornecidas pelo *GroundEye*® foram eficientes na determinação da divergência genética entre as famílias.

### ABSTRACT

The study of the physiological potential of seeds and genetic differences between families is essential for the identification of promising materials for obtaining improved populations. The objective of this work was to evaluate the germination potential and estimate the genetic divergence between *Passiflora* full-sib families (FIC) based on physical and physiological characteristics of seeds. The experiment was carried out in a completely randomized design, consisting of 86 FIC from the first cycle of recurrent selection for resistance to the Cowpea aphid-borne mosaic virus, and two controls, *Passiflora edulis* and *Passiflora setacea*. The seeds were pulped and submitted to evaluation regarding 19 physical and physiological characteristics. Data were submitted to analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ), and means were grouped using the Scott-Knott method. The dissimilarity estimates were obtained by the generalized Mahalanobis distance ( $D^2$ ) and cluster formation by the UPGMA method. The relative contribution of the variables was estimated using the Singh method. Most full-sib families from the first cycle of recurrent selection showed high germination potential and vigor. Genetic divergence was observed between the passion fruit FIC, susceptible to selection aiming at higher physiological seed quality. The cluster analysis identified the formation of four groups, being the characteristic weight of a thousand seeds the one that contributed the most to explain the dissimilarity between the families. The physiological characteristics of the seeds, as well as the color and geometry characteristics provided by

GroundEye® were efficient in determining the genetic divergence between the families.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá azedo (*Passiflora edulis*), com área plantada de 46 mil hectares e produção de aproximadamente 690 mil toneladas em 2020 (IBGE, 2021). A ocorrência de doenças é um dos principais fatores que limitam a produção e a expansão das áreas cultivadas com maracujá (Nicolini et al., 2012; Freitas et al., 2016). A virose do endurecimento dos frutos, causada pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), está entre as principais doenças que afetam a cultura (Lima et al., 2018).

Neste sentido, o programa de melhoramento do maracujazeiro da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) busca fontes de resistência ao CABMV, via incorporação de genes de resistência em população de maracujazeiro (Santos et al., 2015a; Santos et al., 2019b; Preisigke et al., 2020a e b). Dentre as estratégias utilizadas, a seleção recorrente é um dos métodos de melhoramento que permite a obtenção de variedades melhoradas, aumentando gradativamente a frequência de alelos favoráveis das características mais importantes, mantendo a variabilidade genética da população (Hallauer et al., 2010).

A nível comercial, o maracujazeiro é propagado via seminífera dada a facilidade e praticidade do processo, além de apresentar menor custo de produção quando comparado aos outros métodos, o que demonstra a importância de avaliar a contribuição de seus atributos no melhoramento genético dessa cultura (Meletti et al., 2012; Silva et al., 2015).

As características relacionadas à qualidade fisiológica das sementes são herdadas de seus genitores, portanto, diferentes variedades de uma espécie podem apresentar variações em vigor, germinação e emergência em campo (Mertz et al., 2009). Pelo fato de o maracujazeiro ser uma planta alógama, deve-se considerar que a escolha correta dos genitores e o planejamento dos cruzamentos

podem maximizar a frequência de alelos favoráveis (Viana et al., 2007). Portanto, o uso de genótipos melhorados para características de germinação e vigor inicial de plântulas é crucial para a formação de plântulas homogêneas e vigorosas (Cremasco et al., 2021).

O estudo da divergência e das relações genéticas é uma das estratégias para identificação de variabilidade e seleção de genótipos superiores para melhoria da qualidade fisiológica de sementes (Cardoso et al., 2009). Além disso, a variabilidade genética pode ser estimada por meio de análises multivariadas (Cruz et al., 2014). Dentre os métodos utilizados, o UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average*) tem sido amplamente empregado para estimar a divergência genética em *Passiflora* spp. (Marostega et al., 2017; Rodrigues et al., 2017; Torres et al., 2019).

Neste sentido, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes, com o intuito de estudar a divergência genética entre materiais é essencial para o avanço dos programas de melhoramento genético do maracujazeiro.

Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar as características físicas e fisiológicas de sementes e estimar a divergência genética entre famílias de irmãos completos de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Material vegetal e obtenção das sementes

A amostra de sementes das famílias de irmãos completos (FIC) avaliadas no presente estudo foi obtida a partir de um experimento desenvolvido pelo programa de melhoramento do maracujazeiro visando resistência ao CABMV da UENF. O ensaio foi conduzido na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo (21° 42' 48" Sul e longitude 41° 20' 38" Oeste, altitude de 14m), Campos dos Goytacazes, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. O local apresenta temperatura anual média de 23,6°C e precipitação total anual 1073 mm. Segundo a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é tropical, apresentando

verões quentes e invernos amenos, com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão. A área foi irrigada por gotejamento e foram realizados os cuidados na cultura de acordo com orientações técnicas.

O experimento foi constituído por 90 famílias de irmãos completos (FIC) de maracujazeiro do primeiro ciclo de seleção recorrente (C0), visando resistência ao CABMV, e duas testemunhas (*Passiflora edulis*: Cultivar UENF Rio Dourado; e *Passiflora setacea*: Espécie silvestre da coleção de germoplasma da UENF) (Tabela 1). Este foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e três plantas por parcela, totalizando nove plantas por família.

A amostra utilizada para avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes corresponde a uma mistura de sementes dos frutos de nove plantas de cada família, para um total de 86 FIC.

Os frutos foram coletados quando maduros e caídos no chão, e manuseados no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV). Estes foram seccionados pela metade e as polpas foram depositadas em sacos de polietileno, devidamente etiquetadas com a numeração dos genótipos e armazenadas em câmara fria a 10°C até obter quantidade suficiente de polpa de cada família para extração de sementes.

A mucilagem foi separada das sementes com o auxílio de uma peneira de malha de aço pelo método de fricção sob água corrente até a remoção total do arilo. As sementes foram dispostas em bandejas, devidamente identificadas, contendo papel toalha e secas à temperatura ambiente, por um período de cinco dias. Posteriormente, as sementes foram classificadas visualmente, separando as sementes esbranquiçadas ou de coloração heterogênea das sementes puras. As sementes puras foram alocadas em sacos de papel, devidamente identificadas com a numeração da família (Tabela 1).

**Tabela 1:** Identificação e origem das 86 famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente de *Passiflora* da UENF para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*

Trat	Família	Cruzamentos	Trat	Família	Cruzamentos
1	FSR1	42 (RC2-355) x 571 (RC2-501)	45	FSR51	495 (RC2-293)x441 (RC2-355)
2	FSR2	42 (RC2-355) x 495 (RC2-293)	46	FSR53	508 (HI5-14)x82 (FIC1)
3	FSR3	42 (RC2-355) x 82 (FIC1)	47	FSR54	551(RC2-501)x 42 (RC2-355)
4	FSR4	74 (RC2-501) x95 (RC2-501)	48	FSR55	551(RC2-501)x74 (RC2-501)
5	FSR5	74 (RC2-501)x156 (RC2-293)	49	FSR56	551(RC2-501)x281 (RC2-355)

Tabela 1,

6	FSR6	74 (RC2-501)x495 (RC2-293)	50	FSR57	551(RC2-501)x441 (RC2-355)
7	FSR7	74 (RC2-501)x571 (RC2-501)	51	FSR58	551(RC2-501)x495 (RC2-293)
8	FSR8	74 (RC2-501)x24 (FIC2)	52	FSR59	551(RC2-501)x572 (RC2-501)
9	FSR10	89 (RC2-501)x281 (RC2-355)	53	FSR60	551(RC2-501)x583 (RC2-355)
10	FSR11	95 (RC2-501)x 42 (RC2-355)	54	FSR61	551(RC2-501)x167 (FIC2)
11	FSR13	95 (RC2-501)x281 (RC2-355)	55	FSR62	556 (RC2-501)x495 (RC2-293)
12	FSR14	95 (RC2-501)x571 (RC2-501)	56	FSR63	556 (RC2-501)x24 (FIC2)
13	FSR16	103 (RC2-153)x441 (RC2-355)	57	FSR64	556 (RC2-501)x82 (FIC1)
14	FSR17	138 (RC2-17)x 42 (RC2-355)	58	FSR65	556 (RC2-501)x167 (FIC2)
15	FSR18	138 (RC2-17)x95 (RC2-501)	59	FSR66	565 (RC2-501)x281 (RC2-355)
16	FSR19	138 (RC2-17)x571 (RC2-501)	60	FSR67	565 (RC2-501)x572 (RC2-501)
17	FSR20	138 (RC2-17)x593 (RC2-355)	61	FSR68	572x95 (RC2-501)
18	FSR21	138 (RC2-17)x82 (FIC1)	62	FSR69	572x495 (RC2-293)
19	FSR22	156 (RC2-293)x 42 (RC2-355)	63	FSR70	572 (RC2-501)x24 (FIC2)
20	FSR23	156 (RC2-293)x95 (RC2-501)	64	FSR71	572 (RC2-501)x82 (FIC1)
21	FSR24	156 (RC2-293)x281 (RC2-355)	65	FSR72	583 (RC2-355)x441 (RC2-355)
22	FSR25	156 (RC2-293)x571 (RC2-501)	66	FSR73	593 (RC2-355)x95 (RC2-501)
23	FSR26	156 (RC2-293)x24 (FIC2)	67	FSR74	627 (RC2-293)x281 (RC2-355)
24	FSR27	162 (RC2-293)x95 (RC2-501)	68	FSR75	627 (RC2-293)x583 (RC2-355)
25	FSR28	162 (RC2-293)x441 (RC2-355)	69	FSR76	24 (FIC2)x42 (RC2-355)
26	FSR29	166 (RC2-293)x 42 (RC2-355)	70	FSR77	24 (FIC2)x167 (FIC2)
27	FSR30	166 (RC2-293)x95 (RC2-501)	71	FSR78	62 (FIC2)x167 (FIC2)
28	FSR31	167 (FIC2)x95 (RC2-501)	72	FSR79	62 (FIC2)x572 (RC2-501)
29	FSR32	167 (FIC2)x483 (RC2-293)	73	FSR80	82 (FIC1)x495 (RC2-293)
30	FSR33	167 (FIC2)x495 (RC2-293)	74	FSR82	34 (FIC2)x95 (RC2-501)
31	FSR34	167 (FIC2)x572 (RC2-501)	75	FSR83	34 (FIC2)x495 (RC2-293)
32	FSR35	167 (FIC2)x583 (RC2-355)	76	FSR84	34 (FIC2)x24 (FIC2)
33	FSR36	167 (FIC2)x82 (FIC1)	77	FSR85	34 (FIC2)x82 (FIC1)
34	FSR38	238 (RC2-153)x495 (RC2-293)	78	FSR86	231 (FIC1)x95 (RC2-501)
35	FSR39	323 (RC2-293)x95 (RC2-501)	79	FSR87	231 (FIC1)x281 (RC2-355)
36	FSR40	323 (RC2-293)x441 (RC2-355)	80	FSR88	231 (FIC1)x323 (RC2-293)
37	FSR41	325 (RC2-293)x495 (RC2-293)	81	FSR89	231 (FIC1)x495 (RC2-293)
38	FSR42	332 (RC2-293)x95 (RC2-501)	82	FSR90	231 (FIC1) x572 (RC2-501)
39	FSR43	376 (RC2-501)x156 (RC2-293)	83	FSR91	231 (FIC1)x583 (RC2-355)
40	FSR44	377 (RC2-501)x495 (RC2-293)	84	FSR92	231 (FIC1)x593 (RC2-355)
41	FSR47	441 (RC2-355)x 42 (RC2-355)	85	FSR93	7 (HI1-15) x 95 (RC2-501)
42	FSR48	441 (RC2-355)x572 (RC2-501)	86	FSR94	339 (HI5-14) x 167 (FIC2)
43	FSR49	495 (RC2-293)x95 (RC2-501)	87	<i>P. setacea*</i>	BAG da UENF
44	FSR50	495 (RC2-293)x281 (RC2-355)	88	<i>P. edulis**</i>	Cultivar UENF Rio Dourado

Trat. – Tratamentos. FSR – Famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente. FIC – Famílias de irmãos completos oriundas da recombinação de genótipos selecionados do RC1 (Gonçalves et al., 2021). HI – Híbridos interespecíficos (Santos et al., 2015). RC2 – Famílias de irmãos completos da segunda geração de retrocruzamento (Vidal et al., 2021). \*Espécie silvestre do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da UENF. \*\*Cultivar UENF Rio Dourado (Viana et al., 2016).

## Ensaio de avaliação física e fisiológica das sementes

A avaliação das famílias, quanto às características físicas e fisiológicas de sementes, foi conduzida no Laboratório de Fitotecnia – Setor de Produção e Tecnologia de Sementes da UENF.

Os experimentos seguiram o delineamento inteiramente casualizado e foram constituídos por 88 tratamentos, sendo eles: 86 famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente (C<sub>0</sub>) visando resistência ao CABMV; e duas testemunhas, *P. edulis* e *P. setacea* (Tabela 1).

### Características físicas avaliadas

#### Peso de mil sementes

O peso de mil sementes (PMS) foi determinado a partir de oito repetições, da amostra de sementes puras, de 100 sementes, pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em gramas (Brasil, 2009).

Para verificação da confiabilidade das médias das amostras, seguindo a recomendação das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), foram calculados a variância, desvio padrão e o coeficiente de variação, de acordo com as fórmulas:

$$\text{Variância} = n (\sum x^2) - (\sum x)^2 / n (n - 1)$$

Onde:

x = peso de cada repetição

n = número de repetições

$\sum$  = somatório

$$\text{Desvio padrão (S)} = \sqrt{\text{variância}}$$

$$\text{Coeficiente de variação (CV)} = S / \bar{x} (100)$$

Onde:

$\bar{x}$  = Peso médio de 100 sementes.

### Fenotipagem digital de sementes

A fenotipagem das sementes foi realizada com o auxílio do equipamento *GroundEye*®. Foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram dispostas em bandeja acrílica para a captura de imagem. Por meio do sistema de análise de imagens, o *software* gerou planilhas



com os resultados das características de cor (CIELab-a, CIELab-b, CIELab-L, matiz e brilho), e geometria (área, diâmetro máximo, diâmetro mínimo e perímetro).

CIELab-a é a tonalidade da cor nos limites de verde e vermelho. CIELab-b é a saturação que define a intensidade ou pureza da cor nos limites de azul e amarelo. CIELab-L é a luminosidade que define a cor relativamente a ser mais clara ou mais escura nos limites do preto e branco. Matiz é o estado puro da cor, permite a distinção entre diferentes tipos de cores, por exemplo: marrom, verde, amarelo, entre outras. Brilho indica a quantidade de luz que retorna de um objeto, são valores como uma escala que varia do completamente preto para o completamente branco.

### **Características fisiológicas avaliadas**

Para avaliação da germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas e peso seco de plântulas, foi conduzido um experimento, com quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram dispostas em substrato de papel umedecido com água na proporção de 2,5 ao peso do papel (Brasil, 2009). Os rolos foram colocados em sacos de polietileno transparente e levados para germinadores regulados à temperatura alternada de 20-30°C e fotoperíodo ajustado para 8 horas/dia e 16 horas/noite.

As avaliações fisiológicas foram realizadas de acordo com a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

### **Teste de germinação**

A avaliação da germinação foi realizada após 28 dias, onde foram contabilizadas as plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas (Brasil, 2009) e os resultados expressos em porcentagem.

### **Índice de velocidade de germinação**

Durante o período de condução do teste de germinação foi avaliado o índice de velocidade de germinação (IVG). Para tal, a cada dois dias foram contabilizadas as sementes que emitiram 0,5 cm do sistema radicular. Para o cálculo do IVG foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

$G_1$  a  $G_n$  = é o número de plântulas germinadas a cada dia;

$N_1$  a  $N_n$  = Número de dias de cada contagem.

### **Comprimento de plântulas**

Para o comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) foram selecionadas, aleatoriamente, dez plântulas de cada repetição. Com o auxílio de uma régua graduada foi mensurado o tamanho da parte aérea e do sistema radicular, sendo os resultados expressos em centímetros.

### **Peso seco de plântulas**

Para determinar o peso da matéria seca, as dez plântulas utilizadas para avaliação do comprimento de plântulas foram colocadas separadamente a parte aérea e raiz, em envelopes de papel e levados para a estufa com circulação forçada de ar, a 65°C constante, durante 72h. Após o tratamento de secagem, as amostras foram colocadas para resfriar em dessecadores e pesadas em balança com precisão 0,0001 g, sendo os resultados expressos em mg/plântula.

### **Envelhecimento acelerado**

Para avaliação do envelhecimento acelerado (EA) foi conduzido um novo ensaio com quatro repetições de 60 sementes. As sementes foram distribuídas sobre a superfície de uma tela metálica, fixada e suspensa no interior de caixa plástica tipo gerbox, contendo 40 mL de água, mantida em câmara de envelhecimento tipo BOD a 40°C e 100% de umidade relativa, por 48 h.

Decorrido esse período, foram montados os testes de germinação com quatro repetições de 50 sementes cada (Brasil, 2009). Adicionalmente foi aplicada uma solução do fungicida Orthocide®500 na concentração de 0,1% sobre as sementes, para evitar possíveis contaminações por microrganismos. Em seguida, foi avaliado o potencial de germinação das sementes, seguindo as mesmas condições descritas para o teste de germinação. Foi determinada a porcentagem de plântulas normais aos 28 dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem.

## Análises estatísticas

### Análise de variância

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e às variáveis que apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, ao nível de significância de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F, foram submetidas ao teste de agrupamento de médias de Skott-Knott ao mesmo nível de significância. As análises dos dados foram realizadas por meio do *software* Genes (Cruz, 2016). Modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = observação referente ao i-ésimo efeito na j-ésima repetição.

$\mu$  = constante geral;

$G_i$  = efeito do i-ésimo genótipo,  $i = 1, 2, \dots, 88$

$E_{ij}$  = erro experimental.

### Dissimilaridade entre os genótipos

A matriz de dados para análise de agrupamento foi constituída por 18 variáveis. A variável germinação foi retirada da análise de agrupamento por apresentar resultados semelhantes na maioria dos tratamentos (acima de 80%), dessa forma, houve uma melhor redistribuição dos dados para a análise.

Para gerar o dendrograma, estimou-se a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) (1936), pela fórmula:

$$D^2_{ii'} = \sum_{j=1}^n \cdot \sum_{j'=1}^n \cdot W_{jj'} d_j d_{j'}$$

Em que:  $D^2_{ii'}$ : é a distância generalizada de Mahalanobis entre os acessos  $i$  e  $i'$ ,  $i=1, 2, \dots, 88$ ;  $n$  = número de variáveis;  $W_{jj'}$  = elemento da j-ésima linha e j-ésima coluna da inversa da matriz de variâncias e covariâncias residuais entre os genótipos; e  $d_j$  = diferença entre as médias da j-ésima variável nos dois genótipos considerados.

O método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) foi utilizado para construir os agrupamentos, por apresentar o maior valor de coeficiente de correlação cofenética (0,84). A análise foi calculada pela fórmula:

$$d_{(ij)k} = \text{média}(d_{ik}; d_{jk}) = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$$

Em que:  $d_{(ij)k}$  é dada pela média do conjunto de distância dos pares de indivíduos (i e k) e (j e k).

Para a visualização do dendrograma, utilizou-se o *software* R, pacote Circlize (GU et al., 2014).

### **Contribuição relativa das características**

A contribuição relativa das características foi calculada a partir do método proposto por Singh (1981), baseado na partição do total das estimativas das distâncias  $D^2_{ij}$ , considerando todos os possíveis pares de indivíduos, para a parte devida a cada característica. A análise foi realizada utilizando o *software* Genes (Cruz, 2016).

## **RESULTADOS**

A análise dos dados identificou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as famílias de irmãos completos para todas as variáveis analisadas (Tabelas 2 e 3), indicando a existência de variabilidade genética, o que possibilita o sucesso na seleção de genótipos superiores com base nestas características.

O coeficiente de variação experimental (CV%), parâmetro que verifica a precisão experimental, variou de 1,13% (PMS) a 102,07% (%PA) (Tabelas 2 e 3). A maioria das características apresentaram valores de CV% baixo, principalmente as variáveis geométricas da semente, cujo coeficiente de variação foi abaixo de 2% (Tabela 3), indicando que o *GroundEye*® foi eficiente em determinar a geometria das sementes. Para as variáveis plântulas anormais (PA) e sementes não germinadas (NG), os altos valores de CV% (102,07% e 61,91%, respectivamente) podem ser explicados pela presença de muitos zeros. Portanto, a natureza das observações não é homogênea, o que se traduz em um coeficiente maior (Tabela 2).

**Tabela 2:** Estimativa dos quadrados médios da análise de variância para nove características fisiológicas de sementes de famílias de irmãos completos de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao CABMV

FV	GL	Quadrado médio								
		IVG	%G	%PA	%NG	%EA	CPA	CR	PSPA	PSR
Tratamentos	87	3,69*	639,63*	46,17*	149,09*	813,31*	3,64*	3,29*	266,19*	93,44*
Genótipos	85	2,26*	253,79*	46,69*	150,22*	547,76*	2,15*	2,11*	169,78*	80,30*
Testemunha	1	78,06*	20000*	0,00**	0,00**	11704,50*	78,38*	76,76*	4050*	364,50*
G vs Test.	1	51,04*	14075,27*	48,18**	202,33*	12494,55*	55,91*	29,77*	4677,29*	939,51*
Resíduo	264	0,07	14,92	6,13	9,47	42,81	0,12	0,13	5,23	2,07
Total	351									
CV (%)		4,85	4,22	102,07	61,91	8,46	6,04	7,26	4,93	8,24

CABMV - *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. FV – Fator de variação. GL – Graus de liberdade. IVG: Índice de velocidade de germinação. %G – Germinação. %PA - Plântulas anormais. %NG - sementes não germinadas. %EA - Envelhecimento acelerado. CPA - Comprimento de parte aérea (cm). CR - Comprimento de raiz (cm). PSPA – Peso seco da parte aérea (mg). PSR - Peso seco de raiz (mg). \*, \*\* - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 3:** Estimativa dos quadrados médios da análise de variância para 10 características físicas de sementes de famílias de irmãos completos de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao CABMV

FV	GL	Quadrado médio									
		CIELab-a	CIELab-b	CIELab-L	Matiz	Brilho	Área	Dmax	Dmin	Perím	PMS
Tratamentos	87	2.80*	18.09*	37.81*	4307.92*	0.002*	0.001*	0.004*	0.001*	0.077*	0.278*
Genótipos	85	2.86*	17.85*	37.94*	4282.90*	0.002*	0.001*	0.004*	0.001*	0.075*	0.253*
Testemunha	1	0.05**	47.73*	34.69*	9537.88*	0.001*	0.005*	0.004*	0.008*	0.123*	1.777*
G x Test.	1	0.25**	8.82*	29.66*	1204.15*	0.000**	0.006*	0.004*	0.014*	0.254*	0.895*
Resíduo	264	0.05	0.18	0.57	29.15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Total	351										
CV (%)		6.27	7.64	4.61	8.33	4.46	2.37	1.17	1.17	1.63	1.13

CABMV - *cowpea aphid-borne mosaic virus*. FV – Fator de variação. GL – Graus de liberdade. CIELab-a - tonalidade da cor nos limites de verde e vermelho. CIELab-b - saturação que define a intensidade ou pureza da cor nos limites de azul e amarelo. CIELab-L - luminosidade que define a cor relativamente a ser mais clara ou mais escura nos limites do preto e branco. Matiz - estado puro da cor, permite a distinção entre diferentes famílias de cores, por exemplo: marrom, verde, amarelo, etc.. Brilho - indica a quantidade de luz que retorna de um objeto, são valores como uma escala que varia do completamente preto para o completamente branco. Área (cm<sup>2</sup>). DMáx - Diâmetro máximo (cm). DMín - Diâmetro mínimo (cm). Perím – Perímetro (cm). PMS - Peso de mil sementes (g). \*, \*\* - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Mediante significância da análise de variância, foram realizados agrupamentos de médias pelo teste de Scott Knott, para as 19 características físicas e fisiológicas de sementes (Tabelas 4 e 5).

Com relação ao índice de velocidade de germinação (IVG), observou-se a formação de dez grupos, sendo as famílias 27, 42, 64 e 79 as de maior velocidade de germinação, com médias de 7,37, 7,19, 7,25 e 7,13, respectivamente. As famílias 6, 13, 16, 46 e 47 foram as que apresentaram menor velocidade de germinação, com médias de 4,06, 4,20, 4,15, 4,20 e 3,94, respectivamente (Tabela 4). As testemunhas *P. edulis* e *P. setacea* apresentaram médias de 6,24 e 0. O índice de velocidade de germinação é um dos indicativos do vigor da semente e, estes por sua vez, estão altamente relacionados, ou seja, quanto maior o IVG maior é o vigor da semente.

No que se refere à germinação, observou-se a formação de sete grupos. A maioria das famílias apresentou germinação acima de 80%, exceto a testemunha *P. setacea* que não apresentou sinais de germinação durante o período de 28 dias. As famílias 52 e 68 apresentaram 100% de germinação, se igualando à testemunha *P. edulis*. As famílias 46 e 47 foram as que tiveram menor taxa de germinação, depois de *P. setacea*, com valores médios de 59% e 63,5%, respectivamente (Tabela 4).

A maioria das famílias apresentou baixa porcentagem de plântulas anormais (PA), variando de 1,5% a 0%. As famílias 14, 18, 19, 24, 40, 46 e 86 apresentaram as maiores taxas de PA, com 11%, 12,5%, 11,5%, 12,5%, 12,5%, 13,5% e 13,5%, respectivamente. Observou-se na característica semente não germinada (NG) uma variação de 32% a 0%. As famílias 46 e 47 apresentaram as maiores taxas, com 27,5% e 37%, respectivamente.

O método tradicional de envelhecimento acelerado (%EA) (temperatura de 40°C e 100% umidade por 48h) mostrou-se eficiente para monitorar o comportamento das sementes de maracujazeiro, quando submetidas às condições de estresse. Observou-se a formação de oito grupos, em uma variação de 98,5% a 0%. A maioria das famílias apresentou média acima de 80% quando submetidas ao envelhecimento. As famílias 6, 46 e 47, apresentaram redução da qualidade fisiológica e, também, a viabilidade das sementes, com taxas de 43%, 54,5% e 33,5%, respectivamente.

Quanto ao comprimento da parte aérea (CPA), observou-se a formação de oito grupos, com valores variando de 7,53 cm a 4,17 cm. Um total de 20 famílias apresentaram médias superiores à testemunha *P. edulis* (6,26 cm), dentre estas, as famílias 9 e 23, com médias de 7,53 cm e 7,40 cm. Para comprimento de raiz (CR), observou-se a formação de sete grupos, com variação de 6,49 cm a 3,44 cm. As famílias 3, 7, 8, 9, 11, 30, 38, 50, 59, 63 e 78 apresentaram, em média, 6,19 cm de raiz, não diferindo da testemunha *P. edulis* (6,20 cm) (Tabela 4).

As variáveis peso seco da parte aérea (PSPA) e peso seco de raiz (PSR) formaram 10 e 11 grupos, respectivamente. A família 51 apresentou as maiores médias para as duas variáveis, diferindo estatisticamente das demais com média de 64 mg para PSPA e 30,75 mg para PSR (Tabela 4).

Para as variáveis de cor, CIELab-a, CIELab-b e CIELab-L, observou-se a formação de 12, 13 e 14 grupos, nesta ordem (Tabela 5). Para CIELab-a, os valores variaram de 5,96 (família 35) a 1,82 (família 47). No CIELab-b, o menor valor encontrado foi de 0,70 para a família 85 e o maior valor de 11,64 para a família 9. Para CIELab-L, o maior valor foi observado para a família 40 com 25,9 e o menor valor para a família 85 com média igual a 10,25.

Para as variáveis de cor, matiz e brilho, foram observadas a formação de 14 e 11 grupos, respectivamente. Matiz variou de 23,04 a 168,69, e brilho variou de 0,103 a 0,213.

Para peso de mil sementes (PMS), os valores variaram de 28,28 a 15,22 g, sendo que a família 3 se destacou com a melhor média (28,28 g). Apenas oito famílias apresentaram médias inferiores a 20,0 g. As testemunhas apresentaram, em média, 15,22 g (*P. setacea*) e 24,65 g (*P. edulis*).

Na avaliação das propriedades físicas das sementes, a testemunha *P. setacea* apresentou menor média para área, diâmetro máximo (DMax), diâmetro mínimo (DMin), perímetro (Perim) e peso de mil sementes (PMS). Foi observado que sementes mais pesadas são também as mais largas, a exemplo da família 3 (área= 0,24 cm<sup>2</sup>; DMax= 0,725 cm; DMin= 0,44cm; Perim= 2,023 cm e PMS= 28,28 g). Assim como as mais leves são as mais estreitas, a exemplo da família 15 (área= 0,24 cm<sup>2</sup>; DMax= 0,725 cm; DMin= 0,44cm; Perim= 2,023 cm e PMS= 28,28 g) e família 46 (área= 0,24 cm<sup>2</sup>; DMax= 0,725 cm; DMin= 0,44cm; Perim= 2,023 cm e PMS= 28,28 g) (Tabela 5).

**Tabela 4.** Agrupamento de médias para variáveis fisiológicas de sementes de 86 famílias de irmãos completos de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao CABMV, e duas testemunhas, *P. edulis* e *P. setacea*

T	IVG	T	%G	T	%PA	T	%NG	T	%EA	T	CPA	T	CR	T	PSPA	T	PSR
27	7,37 a	68	100,00 a	86	13,50 a	47	32,00 a	9	98,50 a	9	7,53 a	38	6,49 a	51	64,00 a	51	30,75 a
64	7,25 a	52	100,00 a	46	13,50 a	46	27,50 b	23	95,50 a	23	7,40 a	3	6,37 a	53	58,75 b	61	28,75 b
42	7,19 a	82	99,50 a	40	12,50 a	6	21,00 c	82	94,00 a	15	7,11 b	78	6,34 a	63	58,25 b	22	28,75 b
79	7,13 a	65	99,50 a	24	12,50 a	85	20,50 c	68	94,00 a	52	6,95 b	59	6,33 a	50	58,00 b	62	28,25 b
30	6,87 b	58	99,50 a	18	12,50 a	16	16,50 d	50	94,00 a	19	6,92 b	8	6,25 a	56	57,50 b	25	26,25 c
33	6,85 b	36	99,50 a	19	11,50 a	15	16,50 d	30	93,50 a	63	6,91 b	9	6,16 a	61	56,50 b	60	24,75 d
54	6,78 b	28	99,50 a	14	11,00 a	18	15,00 e	80	93,00 a	36	6,89 b	63	6,13 a	22	56,50 b	2	24,75 d
23	6,77 b	11	99,50 a	16	7,00 b	44	13,00 e	41	91,50 a	24	6,75 c	11	6,05 a	9	56,50 b	67	24,25 d
45	6,61 c	63	99,00 a	79	6,50 b	14	13,00 e	43	91,00 a	38	6,72 c	50	6,02 a	2	56,50 b	32	24,25 d
31	6,48 c	45	99,00 a	48	6,50 b	13	12,50 e	67	90,50 a	17	6,69 c	30	6,01 a	23	56,25 b	20	23,75 d
82	6,48 c	21	99,00 a	70	5,50 c	81	12,00 e	24	90,00 a	11	6,69 c	7	5,96 a	25	55,00 c	50	23,25 d
55	6,47 c	20	99,00 a	61	4,50 c	86	11,50 e	63	89,50 b	68	6,67 c	36	5,81 b	52	54,75 c	1	22,75 d
3	6,42 c	9	99,00 a	47	4,50 c	8	10,00 f	58	89,50 b	13	6,61 c	65	5,77 b	49	54,50 c	49	22,50 d
78	6,40 c	62	98,50 a	32	4,50 c	34	9,50 f	60	88,50 b	30	6,55 c	64	5,71 b	60	54,25 c	33	22,00 e
83	6,36 c	56	98,50 a	80	4,00 c	76	9,00 f	38	88,50 b	40	6,53 c	49	5,71 b	28	54,25 c	63	21,75 e
43	6,32 d	55	98,50 a	43	4,00 c	78	8,50 f	35	88,50 b	43	6,52 c	42	5,70 b	62	54,00 c	56	21,50 e
20	6,32 d	50	98,50 a	42	4,00 c	74	8,50 f	36	87,50 b	78	6,48 c	23	5,68 b	32	53,50 c	39	21,50 e
11	6,29 d	35	98,50 a	37	4,00 c	69	8,50 f	52	86,50 b	71	6,47 c	66	5,68 b	36	53,25 c	26	21,00 e
36	6,25 d	22	98,50 a	34	4,00 c	57	8,00 f	40	86,50 b	10	6,44 c	21	5,67 b	67	52,75 c	9	20,50 f
49	6,25 d	83	98,00 a	53	3,50 c	70	7,50 f	39	86,50 b	44	6,42 c	2	5,67 b	29	52,25 c	59	20,00 f
58	6,20 d	60	98,00 a	25	3,50 c	17	7,50 f	20	86,50 b	74	6,33 d	54	5,67 b	21	52,25 c	55	20,00 f
80	6,19 d	2	98,00 a	30	3,00 c	7	7,00 f	19	86,50 b	50	6,32 d	43	5,66 b	1	52,25 c	53	20,00 f



Tabela 4,

57	6,16 d	72	97,50 a	29	3,00 c	71	6,50 f	2	86,00 b	72	6,25 d	13	5,65 b	68	51,00 d	72	19,75 f
60	6,16 d	38	97,50 a	67	2,50 c	59	6,50 f	53	85,50 b	28	6,20 d	14	5,65 b	39	50,75 d	42	19,75 f
66	6,14 d	1	97,50 a	12	2,50 c	84	6,00 f	11	85,50 b	1	6,18 d	52	5,59 b	20	50,75 d	19	19,25 f
24	6,10 d	51	97,00 a	5	2,50 c	26	6,00 f	79	84,50 b	58	6,17 d	60	5,57 b	64	50,00 d	43	19,00 g
70	6,10 d	39	97,00 a	81	2,00 c	61	5,50 f	28	84,50 b	45	6,15 d	31	5,53 b	35	49,75 d	23	18,75 g
77	6,08 d	33	97,00 a	75	2,00 c	67	4,50 f	66	84,00 b	61	6,13 d	84	5,51 b	33	49,50 d	35	18,50 g
22	6,07 d	30	97,00 a	71	2,00 c	53	4,50 f	62	84,00 b	5	6,13 d	71	5,46 c	75	49,25 d	8	18,50 g
84	6,05 d	77	96,50 a	54	2,00 c	48	4,50 f	45	83,50 b	55	6,12 d	22	5,44 c	41	49,25 d	68	18,00 g
38	6,03 d	66	96,50 a	38	2,00 c	10	4,50 f	42	83,00 c	3	6,09 d	62	5,44 c	3	49,00 d	64	18,00 g
51	6,02 d	31	96,50 a	26	2,00 c	4	4,50 f	44	82,50 c	77	6,08 d	73	5,39 c	72	48,75 d	54	18,00 g
34	5,96 d	29	96,50 a	23	2,00 c	73	4,00 g	26	82,50 c	7	6,05 d	44	5,39 c	55	48,75 d	40	18,00 g
19	5,94 d	27	96,50 a	15	2,00 c	64	4,00 g	51	82,00 c	49	6,03 d	57	5,38 c	54	48,75 d	29	18,00 g
63	5,85 e	23	96,50 a	13	2,00 c	54	4,00 g	71	81,50 c	2	6,00 d	17	5,38 c	43	48,50 d	66	17,75 g
44	5,84 e	73	96,00 a	6	2,00 c	49	4,00 g	65	81,50 c	85	5,98 d	45	5,33 c	58	48,25 d	48	17,75 g
74	5,83 e	49	96,00 a	69	1,50 d	32	4,00 g	33	81,50 c	35	5,97 d	69	5,33 c	57	48,25 d	14	17,75 g
65	5,81 e	5	96,00 a	62	1,50 d	66	3,50 g	21	81,00 c	84	5,96 d	83	5,32 c	48	47,75 e	12	17,75 g
71	5,80 e	3	96,00 a	44	1,50 d	3	3,50 g	10	81,00 c	73	5,95 d	19	5,29 c	44	47,75 e	79	17,50 g
48	5,74 e	43	95,50 a	41	1,50 d	80	3,00 g	5	81,00 c	29	5,93 d	33	5,22 c	12	47,25 e	75	17,50 g
81	5,73 e	41	95,50 a	39	1,50 d	79	3,00 g	75	80,50 c	47	5,89 d	82	5,19 c	17	47,00 e	28	17,50 g
39	5,71 e	10	95,50 a	35	1,50 d	75	3,00 g	64	80,50 c	65	5,85 d	72	5,14 c	10	47,00 e	52	17,25 g
2	5,69 e	75	95,00 a	31	1,50 d	41	3,00 g	59	80,50 c	21	5,85 d	35	5,09 c	45	46,75 e	38	17,25 g
72	5,63 e	64	95,00 a	2	1,50 d	37	3,00 g	48	80,50 c	75	5,84 d	6	5,02 c	40	46,50 e	21	17,25 g
12	5,61 e	25	95,00 a	84	1,00 d	19	3,00 g	69	80,00 c	31	5,83 d	67	5,01 c	38	46,50 e	73	17,00 g

Tabela 4,

21	5,58 e	4	94,50 a	64	1,00 d	77	2,50 g	54	80,00 c	25	5,74 d	25	4,89 d	66	46,25 e	30	17,00 g
28	5,56 e	54	94,00 a	60	1,00 d	72	2,50 g	73	79,50 c	56	5,70 d	74	4,87 d	59	45,75 f	27	17,00 g
32	5,54 e	59	93,50 b	55	1,00 d	51	2,50 g	27	79,50 c	53	5,69 d	61	4,82 d	24	45,50 f	10	17,00 g
7	5,53 e	42	93,50 b	33	1,00 d	42	2,50 g	8	79,50 c	57	5,64 e	37	4,80 d	19	45,50 f	5	17,00 g
73	5,51 e	80	93,00 b	27	1,00 d	27	2,50 g	77	79,00 c	64	5,62 e	28	4,80 d	26	45,25 f	37	16,75 g
26	5,50 e	67	93,00 b	4	1,00 d	33	2,00 g	29	78,00 c	54	5,59 e	55	4,75 d	30	45,00 f	44	16,50 h
61	5,46 f	37	93,00 b	1	1,00 d	31	2,00 g	12	77,50 c	14	5,58 e	51	4,72 d	16	45,00 f	4	16,50 h
35	5,45 f	7	93,00 b	83	0,50 d	83	1,50 g	32	77,00 c	27	5,57 e	79	4,70 d	5	45,00 f	80	16,25 h
86	5,44 f	84	92,50 b	76	0,50 d	50	1,50 g	25	77,00 c	59	5,54 e	47	4,70 d	84	44,50 f	34	16,25 h
18	5,43 f	17	92,50 b	63	0,50 d	40	1,50 g	1	77,00 c	34	5,54 e	70	4,69 d	11	44,25 f	65	16,00 h
52	5,43 f	53	92,00 b	57	0,50 d	39	1,50 g	56	76,50 c	82	5,50 e	27	4,69 d	37	43,75 f	45	16,00 h
29	5,38 f	26	92,00 b	56	0,50 d	25	1,50 g	31	76,50 c	20	5,44 e	81	4,61 d	34	43,50 f	6	16,00 h
75	5,36 f	78	91,50 b	51	0,50 d	23	1,50 g	17	76,50 c	37	5,44 e	34	4,55 d	65	43,25 g	84	15,75 h
5	5,31 f	74	91,50 b	21	0,50 d	22	1,50 g	34	76,00 c	33	5,42 e	10	4,54 d	47	43,25 g	36	15,75 h
17	5,30 f	71	91,50 b	20	0,50 d	5	1,50 g	81	75,00 c	39	5,40 e	75	4,50 d	14	43,25 g	31	15,75 h
40	5,29 f	57	91,50 b	10	0,50 d	1	1,50 g	55	75,00 c	66	5,39 e	39	4,50 d	76	43,00 g	24	15,50 h
41	5,28 f	32	91,50 b	9	0,50 d	60	1,00 g	83	74,00 c	80	5,37 e	41	4,50 d	31	42,50 g	3	15,50 h
67	5,22 f	79	90,50 b	8	0,50 d	56	1,00 g	78	74,00 c	26	5,36 e	15	4,48 d	13	42,50 g	16	15,25 h
85	5,17 g	76	90,50 b	3	0,50 d	45	1,00 g	72	73,50 c	69	5,35 e	20	4,44 d	80	42,25 g	85	15,00 h
76	5,17 g	69	90,00 b	85	0,00 d	24	1,00 g	49	73,50 c	41	5,35 e	4	4,42 d	79	42,25 g	70	14,75 h
4	5,12 g	61	90,00 b	82	0,00 d	82	0,50 g	3	71,50 c	4	5,33 e	86	4,40 d	73	42,25 g	47	14,50 h
50	5,11 g	8	89,50 b	78	0,00 d	65	0,50 g	4	70,50 c	6	5,32 e	40	4,37 d	4	41,75 g	41	14,25 h
69	5,06 g	48	89,00 b	74	0,00 d	63	0,50 g	86	70,00 c	76	5,31 e	85	4,35 d	85	41,50 g	11	14,25 h

Tabela 4,

56	4,97 g	34	86,50 c	72	0,00 d	55	0,50 g	22	69,50 c	32	5,22 e	1	4,32 e	42	41,25 g	58	13,75 i
59	4,96 g	24	86,50 c	68	0,00 d	43	0,50 g	13	67,50 d	67	5,18 e	26	4,30 e	27	41,25 g	18	13,50 i
10	4,94 g	81	86,00 c	66	0,00 d	38	0,50 g	84	67,00 d	51	5,15 e	77	4,30 e	77	40,25 g	82	13,25 i
8	4,92 g	40	86,00 c	65	0,00 d	36	0,50 g	37	65,50 d	81	5,12 e	76	4,24 e	70	40,25 g	81	13,25 i
1	4,89 g	44	85,50 c	59	0,00 d	29	0,50 g	74	64,00 d	83	4,81 f	68	4,24 e	15	39,50 h	76	13,25 i
14	4,77 h	19	85,50 c	58	0,00 d	28	0,50 g	61	64,00 d	8	4,79 f	12	4,19 e	83	38,00 h	69	13,25 i
53	4,76 h	13	85,50 c	52	0,00 d	21	0,50 g	7	64,00 d	22	4,77 f	80	4,17 e	74	37,75 h	77	13,00 i
25	4,75 h	15	81,50 c	50	0,00 d	20	0,50 g	14	62,50 d	12	4,76 f	58	4,12 e	81	37,50 h	17	13,00 i
9	4,65 h	85	79,50 c	49	0,00 d	11	0,50 g	15	61,00 e	16	4,73 f	56	4,07 e	86	37,25 h	46	12,75 i
15	4,63 h	6	77,00 e	45	0,00 d	9	0,50 g	16	58,50 e	86	4,64 f	32	4,06 e	69	37,25 h	13	12,00 i
37	4,62 h	16	76,50 e	36	0,00 d	2	0,50 g	70	57,00 e	70	4,59 f	29	3,99 e	18	37,25 h	74	11,50 i
46	4,20 i	14	76,00 e	28	0,00 d	68	0,00 g	85	56,50 e	60	4,59 f	46	3,97 e	78	37,00 h	78	11,25 i
13	4,20 i	86	75,00 e	22	0,00 d	62	0,00 g	76	56,00 e	18	4,46 g	53	3,91 e	82	36,25 h	7	10,25 j
16	4,15 i	18	72,50 e	17	0,00 d	52	0,00 g	46	54,50 e	42	4,34 g	24	3,90 e	7	36,00 h	86	9,50 j
6	4,06 i	47	63,50 f	11	0,00 d	35	0,00 g	6	43,00 f	46	4,23 g	18	3,57 f	71	35,50 h	15	9,00 j
47	3,94 i	46	59,00 f	7	0,00 d	30	0,00 g	47	33,50 g	79	4,17 g	16	3,44 f	46	32,50 i	71	8,25 j
Média	5,67		92,43		2,48		5,08		78,22		5,8		5,04		46,95		17,71
<i>P. setacea</i>	0,00 j	87	0,00 g	87	0,00 d	87	0,00 g	87	0,00 h	87	0,00 h	87	0,00 g	87	0,00 j	87	0,00 k
<i>P. edulis</i>	6,25 d	88	100,00 a	88	0,00 d	88	0,00 g	88	76,50 c	88	6,26 d	88	6,20 a	88	45,00 f	88	13,50 i

CABMV - Cowpea aphid-borne mosaic virus. T – Tratamento. IVG: Índice de velocidade de germinação. %G – Germinação. %PA - Plântulas anormais. %NG - sementes não germinadas. %EA - Envelhecimento acelerado. CPA - Comprimento de parte aérea (cm). CR - Comprimento de raiz (cm). PSPA – Peso seco da parte aérea (mg). PSR - Peso seco de raiz (mg). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Agrupamento de médias para variáveis físicas de sementes de 86 famílias de irmãos completos de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao CABMV, e duas testemunhas, *P. edulis* e *P. setacea*

T	Variável CIELab- a	T	Variável CIELab- b	T	Variável CIELab- L	T	Variável Matiz	T	Variável Brilho	T	Variável Área	T	Variável DMax	T	Variável DMin	T	Variável Perim	T	Variável PMS
35	5,96 a	9	11,64 a	40	25,90 a	85	168,69 a	9	0,213 a	3	0,240 a	3	0,725 a	23	0,460 a	28	2,445 a	3	28,28 a
17	5,64 b	17	9,73 b	9	25,19 a	34	163,13 a	76	0,195 b	76	0,230 b	49	0,700 b	19	0,460 a	32	2,395 b	9	27,45 b
27	5,61 b	59	9,58 b	24	24,23 b	39	147,96 b	3	0,195 b	75	0,230 b	41	0,690 c	54	0,448 b	26	2,218 c	51	27,43 b
7	5,32 c	27	9,28 b	19	23,41 c	6	137,10 c	59	0,185 c	64	0,230 b	76	0,688 c	75	0,440 c	36	2,158 d	23	27,08 c
79	5,15 c	3	9,06 c	49	22,66 c	45	132,50 c	19	0,185 c	63	0,230 b	54	0,678 d	70	0,440 c	33	2,138 d	50	26,90 c
18	4,77 d	1	8,92 c	3	21,82 d	67	124,82 d	27	0,180 c	54	0,230 b	75	0,675 d	64	0,440 c	56	2,130 d	75	26,88 c
70	4,72 d	76	8,89 c	76	20,87 e	55	122,63 d	14	0,180 c	33	0,230 b	77	0,673 d	29	0,440 c	35	2,105 d	49	26,83 c
33	4,69 d	35	8,51 c	59	20,58 e	2	118,13 d	80	0,178 c	19	0,230 b	63	0,673 d	3	0,440 c	3	2,023 e	41	26,83 c
83	4,37 e	14	8,47 c	21	20,17 e	44	116,44 d	40	0,178 c	77	0,228 b	57	0,673 d	63	0,438 c	1	2,013 e	54	26,48 d
29	4,36 e	33	8,20 d	14	20,12 e	47	113,94 e	35	0,178 c	49	0,228 b	31	0,673 d	40	0,435 c	15	2,003 e	58	26,23 e
76	4,29 e	56	8,13 d	37	19,77 e	62	109,25 e	24	0,178 c	23	0,228 b	2	0,670 d	33	0,435 c	9	1,985 e	28	26,03 e
19	4,27 e	70	8,08 d	26	19,71 e	74	106,27 e	84	0,175 c	58	0,225 c	64	0,665 e	8	0,435 c	76	1,970 f	57	25,98 e
64	4,26 e	84	8,06 d	50	19,64 e	43	105,04 e	49	0,175 c	79	0,223 c	52	0,665 e	84	0,433 d	49	1,970 f	33	25,98 e
56	4,21 e	79	8,00 d	80	19,47 e	61	98,41 f	17	0,175 c	57	0,223 c	33	0,665 e	79	0,433 d	17	1,963 f	29	25,98 e
32	4,13 e	18	7,88 d	1	19,42 e	24	93,82 f	16	0,175 c	31	0,223 c	12	0,665 e	77	0,433 d	75	1,960 f	19	25,88 e
4	4,10 f	49	7,84 d	16	19,29 f	11	93,21 f	22	0,173 c	8	0,223 c	59	0,663 e	49	0,433 d	41	1,955 f	52	25,83 e
15	4,06 f	16	7,79 d	22	19,09 f	40	89,33 f	18	0,173 c	70	0,220 c	58	0,663 e	80	0,430 d	63	1,940 f	31	25,63 f
57	4,06 f	36	7,41 e	58	19,00 f	73	84,30 g	70	0,170 d	51	0,220 c	19	0,663 e	76	0,430 d	27	1,938 f	2	25,60 f
55	3,99 f	21	7,39 e	29	18,40 f	42	83,32 g	58	0,170 d	41	0,220 c	51	0,660 e	58	0,430 d	64	1,935 f	53	25,50 f
38	3,87 f	48	7,24 e	27	18,29 f	20	77,13 h	29	0,170 d	40	0,220 c	8	0,660 e	57	0,430 d	77	1,933 f	63	25,48 f

Tabela 5,

26	3,82 f	77	7,17 e	52	18,21 f	12	76,47 h	21	0,170 d	29	0,220 c	29	0,655 e	51	0,430 d	58	1,933 f	56	25,38 f
9	3,81 f	52	6,97 e	84	17,73 g	37	75,29 h	7	0,170 d	48	0,218 d	22	0,655 e	48	0,430 d	79	1,930 f	77	25,35 f
71	3,76 g	28	6,89 e	23	17,71 g	81	73,68 h	33	0,168 d	80	0,215 d	80	0,653 f	39	0,430 d	54	1,930 f	76	25,10 g
1	3,74 g	22	6,77 e	48	17,66 g	50	73,55 h	23	0,168 d	74	0,215 d	48	0,653 f	14	0,430 d	23	1,928 f	40	24,88 g
68	3,72 g	15	6,76 e	35	17,65 g	19	73,17 h	79	0,165 d	84	0,213 d	74	0,650 f	74	0,428 d	57	1,925 f	84	24,80 g
36	3,71 g	26	6,61 f	7	17,31 g	5	72,17 h	1	0,165 d	47	0,213 d	60	0,650 f	18	0,425 e	12	1,920 g	22	24,80 g
11	3,69 g	80	6,53 f	34	17,26 g	65	71,73 h	56	0,163 d	28	0,213 d	47	0,650 f	7	0,425 e	31	1,918 g	47	24,78 g
22	3,66 g	7	6,49 f	53	17,26 g	21	69,92 h	52	0,160 e	12	0,213 d	40	0,650 f	47	0,423 e	19	1,915 g	21	24,55 h
58	3,62 g	63	6,43 f	17	17,15 g	41	68,17 i	48	0,160 e	59	0,210 d	50	0,648 f	31	0,423 e	74	1,908 g	55	24,48 h
84	3,59 g	8	6,40 f	67	17,13 g	10	66,40 i	26	0,160 e	55	0,210 d	13	0,648 f	30	0,423 e	8	1,900 g	64	24,45 h
77	3,58 g	29	6,37 f	61	17,10 g	51	66,36 i	54	0,158 e	52	0,210 d	62	0,645 f	28	0,423 e	2	1,898 g	34	24,40 h
80	3,55 g	50	6,35 f	25	17,03 g	4	65,64 i	50	0,158 e	50	0,210 d	24	0,645 f	56	0,420 e	59	1,893 g	43	24,38 h
8	3,54 g	23	6,32 f	39	17,00 g	82	65,56 i	64	0,155 e	9	0,210 d	23	0,645 f	55	0,420 e	51	1,893 g	39	24,38 h
75	3,52 g	58	6,31 f	56	16,97 g	78	65,54 i	46	0,155 e	2	0,210 d	9	0,643 g	53	0,420 e	29	1,893 g	60	24,15 h
86	3,52 g	64	6,17 f	18	16,92 g	25	63,82 i	25	0,155 e	56	0,208 d	68	0,640 g	52	0,420 e	70	1,883 h	38	24,15 h
48	3,47 g	46	6,16 f	54	16,81 g	49	63,51 i	86	0,153 e	53	0,208 d	55	0,640 g	50	0,420 e	40	1,878 h	45	24,13 h
5	3,46 g	32	6,02 f	33	16,74 g	13	62,61 i	77	0,153 e	7	0,205 e	28	0,640 g	22	0,420 e	48	1,873 h	36	23,88 i
30	3,44 g	25	5,99 f	11	16,33 h	52	62,52 i	53	0,153 e	45	0,203 e	79	0,638 g	12	0,420 e	47	1,868 h	61	23,85 i
23	3,44 g	68	5,93 f	46	16,15 h	31	59,70 j	11	0,153 e	39	0,203 e	73	0,638 g	2	0,420 e	80	1,865 h	68	23,83 i
46	3,44 g	83	5,74 f	68	16,07 h	75	58,94 j	68	0,150 f	38	0,203 e	67	0,638 g	38	0,415 f	52	1,863 h	12	23,78 i
21	3,41 g	57	5,68 g	65	16,07 h	53	58,77 j	57	0,150 f	30	0,203 e	53	0,638 g	61	0,413 f	22	1,860 h	65	23,68 i
24	3,40 g	65	5,65 g	86	16,00 h	60	58,48 j	36	0,150 f	21	0,203 e	72	0,635 h	59	0,413 f	84	1,858 h	17	23,55 i

Tabela 5,

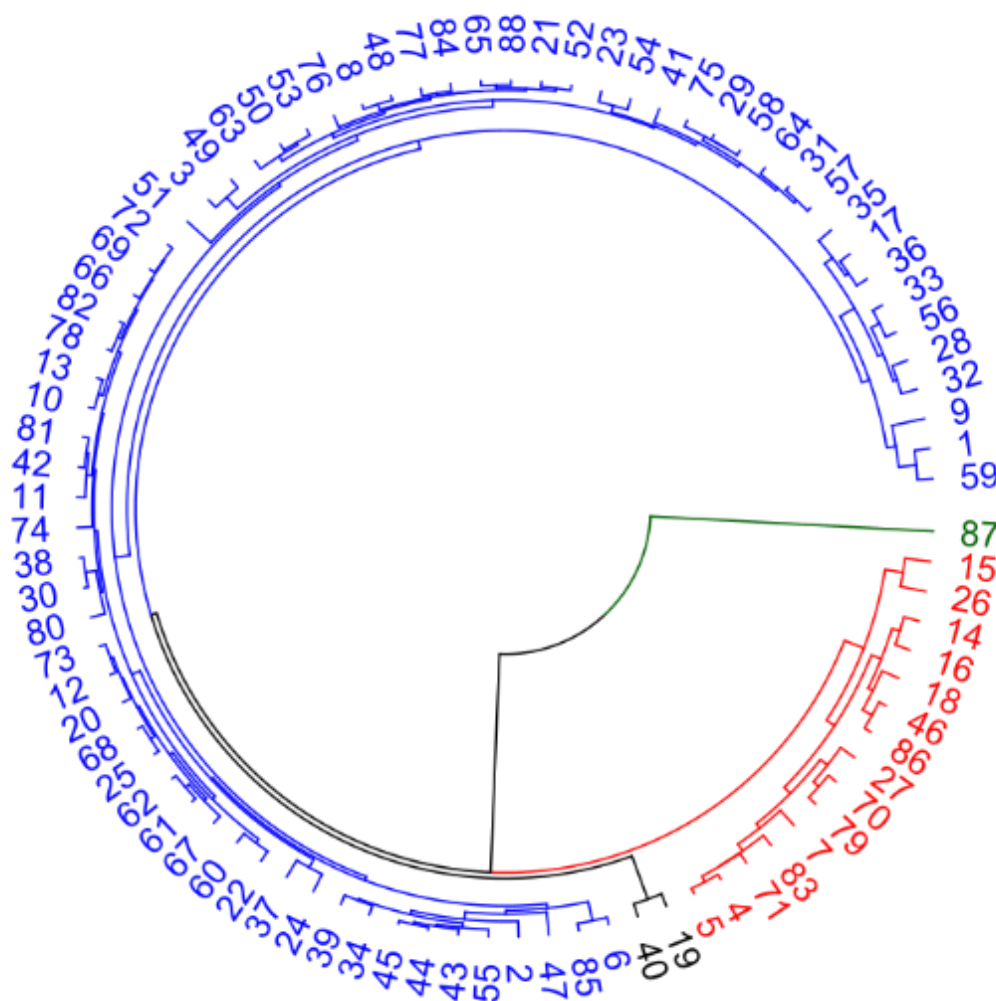
3	3,34 h	54	5,48 g	77	15,92 h	54	52,25 k	15	0,148 f	72	0,200 e	78	0,633 h	41	0,413 f	55	1,845 i	44	23,35 j
28	3,33 h	24	5,35 g	79	15,92 h	66	52,18 k	63	0,145 f	62	0,200 e	56	0,633 h	37	0,413 f	53	1,845 i	8	23,33 j
52	3,33 h	11	5,15 h	51	15,56 i	71	51,15 k	8	0,145 f	61	0,200 e	10	0,633 h	21	0,413 f	13	1,845 i	48	23,18 j
42	3,33 h	42	5,04 h	5	15,48 i	68	51,05 k	55	0,143 f	60	0,200 e	1	0,633 h	73	0,410 f	73	1,833 i	30	23,18 j
49	3,32 h	5	5,03 h	28	15,37 i	72	50,99 k	5	0,143 f	22	0,200 e	69	0,630 h	68	0,410 f	21	1,830 i	25	23,18 j
25	3,30 h	75	5,02 h	63	15,33 i	30	50,90 k	75	0,140 g	16	0,200 e	65	0,630 h	67	0,410 f	38	1,828 i	73	23,10 j
78	3,27 h	10	5,00 h	55	15,27 i	38	50,33 k	69	0,140 g	13	0,200 e	61	0,630 h	34	0,410 f	67	1,825 i	59	23,05 j
43	3,25 h	38	4,97 h	8	15,20 i	7	49,56 k	67	0,140 g	82	0,198 e	39	0,630 h	32	0,410 f	39	1,823 i	1	23,00 j
67	3,23 h	19	4,77 i	12	15,04 i	48	47,61 k	39	0,140 g	67	0,198 e	16	0,630 h	16	0,410 f	61	1,820 i	79	22,93 j
59	3,17 h	30	4,75 i	75	15,04 i	8	47,39 k	38	0,140 g	65	0,198 e	44	0,628 h	9	0,410 f	62	1,818 i	67	22,40 k
82	3,06 i	4	4,59 i	43	15,01 i	83	46,67 k	34	0,140 g	44	0,198 e	66	0,625 h	85	0,408 f	7	1,818 i	35	22,30 k
31	3,02 i	40	4,56 i	10	14,88 j	22	46,57 k	30	0,140 g	34	0,195 f	45	0,625 h	62	0,408 f	30	1,815 i	24	22,28 k
72	3,02 i	55	4,53 i	83	14,81 j	3	44,81 l	71	0,138 g	32	0,195 f	34	0,625 h	44	0,408 f	68	1,813 i	20	22,25 k
69	3,00 i	69	4,53 i	69	14,73 j	84	44,55 l	61	0,138 g	24	0,195 f	25	0,625 h	24	0,408 f	72	1,808 i	66	22,23 k
6	2,99 i	71	4,50 i	30	14,71 j	14	44,16 l	42	0,138 g	18	0,195 f	82	0,623 h	42	0,405 f	45	1,808 i	80	22,18 k
63	2,95 j	13	4,47 i	41	14,60 j	32	43,95 l	78	0,135 g	78	0,193 f	70	0,623 h	6	0,405 f	16	1,808 i	7	22,05 k
10	2,93 j	81	4,37 i	62	14,59 j	63	43,56 l	31	0,135 g	68	0,193 f	38	0,623 h	83	0,403 g	44	1,803 j	11	22,03 k
41	2,91 j	61	4,19 i	38	14,58 j	58	43,21 l	28	0,135 g	43	0,193 f	35	0,620 i	82	0,403 g	14	1,803 j	42	21,90 l
65	2,85 j	43	3,93 j	45	14,53 j	18	42,67 l	10	0,135 g	10	0,193 f	20	0,620 i	72	0,403 g	10	1,798 j	10	21,85 l
14	2,83 j	34	3,93 j	42	14,50 j	16	41,66 l	81	0,133 g	71	0,190 f	11	0,620 i	60	0,403 g	34	1,793 j	72	21,80 l
50	2,80 j	31	3,92 j	64	14,44 j	69	40,95 l	43	0,133 g	69	0,190 f	7	0,618 i	27	0,403 g	65	1,788 j	6	21,80 l
39	2,80 j	12	3,89 j	44	14,44 j	80	40,68 l	37	0,133 g	42	0,190 f	36	0,615 i	11	0,403 g	24	1,788 j	37	21,75 l

Tabela 5,

34	2,75 j	41	3,78 j	15	13,93 k	64	38,41 m	41	0,130 h	25	0,190 f	30	0,613 j	65	0,400 g	69	1,780 j	74	21,70 l
74	2,65 j	78	3,58 j	32	13,65 k	77	38,09 m	32	0,130 h	20	0,190 f	27	0,613 j	25	0,400 g	85	1,773 j	69	21,65 l
13	2,62 j	37	3,51 j	73	13,61 k	28	37,23 m	13	0,130 h	17	0,190 f	17	0,610 j	20	0,400 g	43	1,773 j	85	21,58 l
73	2,60 j	72	3,47 j	31	13,59 k	26	36,50 m	4	0,130 h	11	0,190 f	42	0,608 j	17	0,400 g	11	1,773 j	78	21,58 l
54	2,60 j	51	3,45 j	13	13,57 k	29	36,36 m	51	0,128 h	85	0,188 f	37	0,608 j	13	0,400 g	25	1,768 j	81	21,50 l
53	2,57 j	82	3,19 j	72	13,47 k	79	34,94 m	82	0,125 i	36	0,188 f	14	0,608 j	4	0,400 g	20	1,760 j	70	21,30 l
61	2,48 k	60	3,07 k	66	13,43 k	70	34,83 m	20	0,125 i	1	0,188 f	43	0,605 j	5	0,398 g	66	1,750 k	27	20,40 m
44	2,47 k	20	3,02 k	78	13,14 k	76	34,57 m	66	0,123 i	81	0,185 g	71	0,600 k	86	0,395 h	18	1,748 k	4	20,28 m
45	2,42 k	39	2,93 k	20	13,01 l	36	33,34 m	62	0,123 i	6	0,185 g	81	0,595 k	81	0,395 h	42	1,738 k	5	20,23 m
62	2,40 k	73	2,88 k	4	12,97 l	23	33,21 m	45	0,123 i	86	0,183 g	6	0,595 k	78	0,395 h	71	1,733 k	16	20,10 m
66	2,37 k	44	2,85 k	47	12,90 l	15	31,64 m	44	0,123 i	4	0,183 g	46	0,593 k	71	0,395 h	4	1,733 k	71	19,45 n
12	2,33 k	62	2,75 k	71	12,88 l	1	30,58 n	12	0,123 i	83	0,180 g	4	0,593 k	46	0,393 h	6	1,728 k	83	18,73 o
51	2,33 k	45	2,75 k	74	12,62 l	56	29,07 n	74	0,120 i	66	0,180 g	86	0,583 l	36	0,393 h	37	1,725 k	15	18,38 p
2	2,10 l	2	2,57 l	2	12,60 l	9	27,35 n	6	0,120 i	46	0,180 g	15	0,583 l	1	0,390 h	86	1,723 k	86	18,20 p
37	2,07 l	6	2,52 l	82	12,56 l	35	27,00 n	60	0,118 j	35	0,180 g	26	0,580 l	35	0,388 h	81	1,718 k	14	18,20 p
60	2,06 l	47	2,49 l	60	11,77 m	33	26,16 n	47	0,115 j	5	0,173 h	5	0,578 l	66	0,383 i	46	1,700 k	26	18,08 p
85	2,03 l	74	2,11 l	6	11,73 m	17	25,77 n	2	0,113 j	26	0,168 i	18	0,563 m	26	0,378 i	83	1,698 k	18	17,38 q
47	1,82 l	85	0,70 m	85	10,25 n	27	23,04 n	85	0,103 k	15	0,168 i	83	0,558 m	15	0,375 i	5	1,650 l	46	16,65 r
Média	3,41		5,60		16,42		64,56		0,149		0,203		0,635		0,415		1,876		23,32
<i>P. setacea</i>	3,68 g	87	2,10 l	87	12,40 l	87	111,50 e	87	0,135 g	87	0,150 j	87	0,588 l	87	0,340 j	87	1,573 m	87	15,23 s
<i>P. edulis</i>	3,51 g	88	6,99 e	88	16,56 g	88	42,45 l	88	0,160 e	88	0,200 e	88	0,635 h	88	0,405 f	88	1,820 i	88	24,65 g

CABMV - *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. T – Tratamento. IVG CIELab-a - tonalidade da cor nos limites de verde e vermelho. CIELab-b - saturação que define a intensidade ou pureza da cor nos limites de azul e amarelo. CIELab-L - luminosidade que define a cor relativamente a ser mais clara ou mais escura nos limites do preto e branco. Matiz - estado puro da cor, permite a distinção entre diferentes famílias de cores, por exemplo: marrom, verde, amarelo etc. Brilho - indica a quantidade de luz que retorna de um objeto, são valores como uma escala que varia do completamente preto para o completamente branco.

A análise da divergência genética, com base nas 18 características físicas e fisiológicas da semente, resultou na formação de quatro grupos (Figura 1 e Tabela 6). O Grupo I foi composto por 69 famílias mais a testemunha *P. edulis*, representando o maior grupo (87,5% das famílias). O Grupo II foi formado por duas famílias (19 e 40), o grupo III com 15 famílias e o grupo IV foi composto apenas pela testemunha *P. setacea* (Figura 1).



**Figura 1.** Dendrograma de agrupamento quanto ao nível de distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), método de agrupamento UPGMA, para qualidade fisiológica e física de sementes de 86 famílias de irmãos completos de *Passiflora* e duas testemunhas, *P. setacea* e *P. edulis*. UENF, 2021. Coeficiente de Correlação Cofenética -  $r = 0,84$ .

As famílias do grupo I apresentaram maiores médias para as seguintes variáveis: %EA, CPA, CR, PSPA, PSR, Área, Perímetro e PMS. O envelhecimento acelerado foi acima de 80% para a maioria dessas famílias, portanto, podem ser



consideradas as mais vigorosas e tolerantes aos estresses severos em condições adversas no campo.

O grupo II foi formado pelas famílias 19 e 40, que apresentam médias semelhantes para todas as características avaliadas (Tabela 4 e 5), exceto CIELab-a, CIELab-L e matiz (Tabela 5).

O grupo III foi o segundo maior grupo e englobou as famílias 5, 4, 71, 83, 7, 79, 70, 27, 86, 46, 18, 16, 14, 26, 15, com maiores médias para as variáveis %PA e %NG (Tabela 4), e menores médias para peso de mil sementes (Tabela 5).

O grupo IV foi composto apenas pela testemunha *P. setacea*, sendo o grupo mais distante geneticamente, devido a este genótipo não apresentar sinais de germinação (Tabela 4). Além disso, *P. setacea* apresentou menores valores para as características físicas de área, diâmetro máximo, diâmetro mínimo, perímetro e peso de mil sementes com 0,15 cm<sup>2</sup>, 0,58 cm, 0,34 cm, 1,57 cm e 15,23 g, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 6:** Identificação dos grupos formados a partir da distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), método de agrupamento UPGMA, de 86 famílias de irmãos completos de *Passiflora* e duas testemunhas, *P. setacea* e *P. edulis*

Grupos	Tratamentos	Famílias
I	59, 1, 9, 32, 28, 56, 33, 36, 17, 35, 57, 31, 64, 58, 29, 75, 41, 54, 23, 52, 21, 88, 65, 84, 77, 48, 8, 76, 53, 50, 63, 49, 3, 51, 72, 69, 66, 82, 78, 13, 10, 81, 42, 11, 74, 38, 30, 80, 73, 12, 20, 68, 25, 62, 61, 67, 60, 22, 37, 24, 39, 34, 45, 44, 43, 55, 2, 47, 85, 6.	FSR66, FSR1, FSR10, FSR35, FSR31, FSR63, FSR36, FSR20, FSR39, FSR64, FSR34, FSR71, FSR65, FSR32, FSR83, FSR47, FSR61, FSR26, FSR59, FSR24, <i><b>P. edulis</b></i> , FSR72, FSR92, FSR85, FSR55, FSR8, FSR84, FSR60, FSR57, FSR70, FSR56, FSR3, FSR58, FSR79, FSR76, FSR73, FSR90, FSR86, FSR16, FSR11, FSR89, FSR48, FSR13, FSR82, FSR42, FSR33, FSR88, FSR80, FSR14, FSR23, FSR75, FSR28, FSR69, FSR68, FSR74, FSR67, FSR25, FSR41, FSR27, FSR43, FSR38, FSR51, FSR50, FSR49, FSR62, FSR2, FSR54, FSR93, FSR6.
II	40, 19.	FSR44, FSR22.
III	5, 4, 71, 83, 7, 79, 70, 27, 86, 46, 18, 16, 14, 26, 15.	FSR5, FSR4, FSR78, FSR91, FSR7, FSR87, FSR77, FSR30, FSR94, FSR53, FSR21, FSR19, FSR17, FSR29, FSR18.
IV	87.	<i><b><u>P. setacea</u></b></i> .

**Tabela 7:** Estimativa da contribuição relativa de 18 variáveis de qualidade física e fisiológica das sementes para divergência genética entre 86 famílias de irmãos completos de *Passiflora*, e duas testemunhas (*P. edulis* e *P. setacea*)

Variável	S.j	Valor %	Variável	S.j	Valor %
PMS	808068.39	31.94	PSPA	91063.49	3.54
Matiz	279600.25	10.86	PSR	81801.29	3.18
CIELab-b	243408.26	9.46	%EA	51566.67	2.00
Perim	186495.23	7.25	CPA	51250.86	1.99
IVG	157492.19	6.12	CR	32129.84	1.25
CIELab-L	156486.87	6.08	Área	30791.94	1.20
Dmax	139492.66	5.42	%NG	16015.97	0.62
CIELab-a	117428.01	4.56	%PA	11756.15	0.46
Dmín	115780.94	4.50	Brilho	2980.46	0.12

PMS - peso de mil sementes. Perim – perímetro. IVG - índice de velocidade de germinação. Dmax - diâmetro máximo. Dmin - diâmetro mínimo. PSPA - peso seco da parte aérea. PSR - peso seco de raiz. %EA - envelhecimento acelerado. CPA - comprimento da parte aérea. CR - comprimento de raiz. %NG - semente não germinada. %PA - plântula anormal. CIELab-a - limites de verde e vermelho. CIELab-b - limites de azul e amarelo. CIELab-L - a luminosidade que define a cor nos limites do preto e branco. Matiz - permite a distinção entre diferentes famílias de cores, por exemplo: marrom, verde, amarelo etc. Brilho - uma escala que varia do completamente preto para o completamente branco.

As características com os maiores valores de contribuição relativa, ou seja, que mais contribuíram para a diferenciação das famílias, foram peso de mil sementes (31,94%), matiz (10,86%) e CIELab-b (9,46%) (Tabela 7). As características sementes não germinadas (%NG), plântula anormal (%PA) e brilho foram pouco informativas para avaliação da dissimilaridade genética do maracujazeiro, com pequenas magnitudes de contribuição, podendo assim, serem recomendadas para descarte (Tabela 7).

## DISCUSSÃO

Visando melhoria da qualidade das sementes, as famílias 3, 9, 23, 41 e 50 apresentaram elevado potencial quanto ao vigor, com base nas variáveis porcentagem de germinação, envelhecimento acelerado, massa seca de plântulas e o peso de mil sementes (Tabelas 4 e 5). Tais características podem ser utilizadas para a seleção de genótipos superiores de maracujazeiro, visto que genótipos que apresentem sementes de melhor vigor tendem a apresentar bom desempenho inicial a campo e, conseqüentemente, melhor estabelecimento do estande, que contribui para que sejam alcançados altos níveis de produtividade (Krzyzanowsk et al., 2018).

Para comprimento e matéria seca de plântulas, as famílias 9 e 23 foram as que melhor desenvolveram parte aérea e raiz, e a família 51 teve um desenvolvimento inferior comparado a estas; no entanto, a massa de matéria seca de parte aérea e raiz apresenta a família 51 como a que conseguiu transferir mais matéria seca para a plântula em formação. Isso foi observado por Vanzolini et al. (2007), avaliando três lotes de sementes de soja, pelo comprimento de plântulas, o lote inferior e de menor qualidade foi o lote que apresentou maior aporte de matéria seca.

Sabe-se que sementes vigorosas dão origem às plântulas com maior taxa de crescimento, decorrente da maior capacidade de armazenamento de reservas e da sua maior transformação e incorporação ao eixo embrionário. Em outras palavras, em lotes mais vigorosos há maior eficiência na mobilização e transferência de matéria seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário (Krzyzanowski et al., 2020).

Mediante testes físicos de tamanho e peso de sementes, foi observado que sementes mais pesadas são também as mais largas, assim como as mais leves são as mais estreitas. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), as sementes são consideradas órgãos de reserva, pois contêm todo o material necessário para a formação das futuras plantas. Em geral, sementes maiores ou mais pesadas, foram as mais bem nutridas durante seu desenvolvimento, possuindo maiores quantidades de reservas.

Vale ressaltar que os genótipos do presente estudo são famílias de irmãos completos oriundas do primeiro ciclo de seleção recorrente para resistência à CABMV e que vêm passando por diferentes gerações de cruzamentos e seleção (Santos et al., 2015; Gonçalves et al., 2021; Vidal et al., 2021). As famílias avaliadas no presente estudo vêm de uma população que foi selecionada a campo para produção de frutos e resistência a doença, então, os alelos favoráveis do genitor recorrente (*P. edulis*) estão mais presentes, o que justifica a alta porcentagem de germinação nas famílias do presente estudo, visto que *P. edulis* possui maior taxa de germinação, diferente de *P. setacea* que possui dormência (Orozco-Restrepo et al., 2014; Santos et al., 2015)

Muitas vezes, nos plantios comerciais de maracujazeiro, não se utilizam sementes de variedades, limitando-se ao emprego de sementes aproveitadas de plantios anteriores. A prática de utilizar as sementes obtidas de frutos produzidos em cultivos comerciais, por parte de alguns produtores de maracujazeiro, é uma das principais causas da baixa produtividade dos pomares (Faleiro et al., 2011). Portanto, é de suma importância avaliar os componentes de germinação e vigor nos programas de melhoramento da cultura do maracujazeiro, o que contribui para o lançamento de uma cultivar resistente às doenças, com bom desempenho germinativo e agrônômico.

O agrupamento das famílias de irmãos completos em quatro diferentes grupos, a partir de características físicas e fisiológicas de sementes, demonstra que há variabilidade genética entre os genótipos, passíveis de seleção. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores em trabalhos avaliando características de sementes em diferentes genótipos de maracujá (Torres et al., 2019; Rosado et al., 2017; Morastega et al., 2017; Rodrigues et al., 2017).

Torres et al. (2019), avaliando a diversidade genética em uma população segregante de maracujá a partir de híbridos interespecíficos e retrocruzamentos, identificaram formação de três grupos, com base em descritores morfológicos e fisiológicos de sementes. Rosado et al. (2017), ao avaliarem a divergência entre híbridos e recíprocos de maracujá azedo, para características de emergência e vigor das sementes, observaram a formação de três grupos. Morastega et al. (2017) estudaram a diversidade genética entre acessos de *Passiflora spp*, com base nas características morfofisiológicas das sementes, e observaram a formação de quatro grupos pelos métodos UPGMA, e a formação de sete grupos pelo método de

otimização de Tocher. Rodrigues et al. (2017) também estudaram a diversidade genética de progênies de maracujá em dois níveis de fertilização (50% da dose média recomendada para a cultura; e dose 50% superior à média recomendada para cultura) em uma avaliação de sementes e variáveis de campo. Os autores observaram a formação de três grupos, em ambos os níveis de fertilização, sendo que as progênies foram agrupadas distintamente nos diferentes níveis de fertilização.

No presente estudo, conforme observado na Figura 1, cada grupo apresenta uma característica determinante, sendo que o grupo I alcançou maior valor para as seguintes variáveis: %G, %EA, CPA, CR, PSPA, PSR, Área, Perímetro e PMS. A quantidade de reservas armazenadas é um dos fatores que influenciam a qualidade fisiológica das sementes, pois a plântula a utiliza até que a mesma se torne capaz de realizar a fotossíntese (Marcos Filho, 2015). O mesmo autor menciona que em sementes maiores ocorre síntese mais rápida de compostos secundários importantes no processo de germinação. Além disso, há também uma maior produção de compostos fotossintéticos para o crescimento das mudas, com maior chance de sobrevivência em condições adversas. Assim, o tamanho das sementes pode ser determinante já que sementes maiores ou com maior densidade são aquelas que possuem maiores quantidades de reservas, sendo potencialmente as mais vigorosas.

De modo geral, quanto maior o teor de reservas nas sementes, maior será o vigor das plântulas originadas (Henning et al., 2010). De acordo com Welter et al. (2011), é importante que as sementes de maracujazeiro apresentem germinação rápida e homogênea, obtendo mudas uniformes em um menor tempo, permitindo a formação de mudas de maneira contínua e uniforme.

Por outro lado, as famílias pertencentes ao grupo III tiveram maiores valores de média para as variáveis %PA e %NG. A porcentagem de germinação foi elevada para a maioria das famílias de irmãos completos estudadas. Dessa forma, uma pequena variação no percentual de germinação e o aumento no número de plântulas anormais das famílias do grupo III foi o suficiente para separar os genótipos em um novo grupo.

A testemunha *P. setacea* foi a que mais se distanciou geneticamente dos demais, ficando isolada no grupo IV. Este genótipo não apresentou sinais de germinação no padrão de avaliação por até 28 dias (padrão para *P. edulis*) (Brasil,

2009), e os valores geométricos das sementes foram inferiores em comparação aos demais. Estudos demonstram que a espécie *P. setacea* possui algum tipo de dormência física (Costa et al., 2010; Paduá et al., 2011; Santos et al., 2015), causada pela impermeabilidade dos tecidos da semente, restringindo a difusão de água no embrião (Marcos Filho, 2015). Santos et al. (2010) estudaram a superação da dormência na germinação *in vitro* de *P. setacea* após armazenamento por até 360 dias e aplicados tratamentos para superação de dormência. Os autores não obtiveram germinação de sementes que não foram escarificadas, mesmo com a presença de ácido giberélico no meio de cultura.

O dendograma mostra também que *P. edulis* e *P. setacea* foram alocados em grupos distintos (Figura 1), representando suas diferenças em termos de vigor e germinação de sementes. *P. setacea* apresenta germinação lenta, enquanto *P. edulis* apresenta alta taxa germinativa. Estes resultados corroboram os de Torres et al. (2019), onde os parentais *P. edulis* e *P. setacea* foram separados em diferentes grupos na avaliação da diversidade de *Passiflora spp.*

Em relação às variáveis que mais contribuem para a análise da divergência genética entre as famílias de irmãos completos, peso de mil sementes, seguido de matiz, CIELab-b, perímetro, índice de velocidade de germinação, CIELab-L e diâmetro máximo (Tabela 6) foram as que mais se destacaram.

O entendimento da contribuição das variáveis para a diferenciação das famílias é um fator importante na seleção de genitores para um novo ciclo de seleção. Este processo influencia a otimização do desenvolvimento de novas cultivares (Rodrigues et al., 2015).

A variável peso de mil sementes, com maior influência para a divergência genética das famílias estudadas, se caracteriza como um componente de rendimento pouco influenciado pelo efeito do ambiente, sendo quase que exclusivamente dependente do genótipo (Silveira et al., 2019). Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Cardoso et al. (2009), em que a variável PMS (37,07%) foi a que mais contribuiu para a diversidade genética em mamoeiro.

Seguido de peso de mil sementes, as variáveis Matiz, CIELab-b e perímetro, fornecidas pelo *GroundEye*<sup>®</sup>, foram as que mais contribuíram para a divergência genética entre as famílias estudadas. Tal fato pode ser observado no grupo II do dendrograma, em que a variável CieLab-b foi a que mais contribuiu para

diferenciação das famílias 19 e 40 das demais. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores ao utilizarem o equipamento *GroundEye*<sup>®</sup> na avaliação da diversidade com uso do sistema de cores CIELab para diferenciar as sementes, em diferentes espécies (Fachi et al., 2019; Buratto et al., 2021; Krause et al., 2017; Torres et al., 2019; Gentallan Junior et al., 2019).

Ao avaliarem 98 famílias de irmãos completos de *Passiflora edulis*, Fachi et al. (2019) relataram que o uso de descritores de cor e geometria, obtidos pelo *GroundEye*<sup>®</sup>, contribuíram para quantificar a divergência genética entre as famílias. Em população segregante de *Passiflora spp.*, Torres et al. (2019) ao estudarem uma população segregante de *Passiflora*, observaram que as variáveis de qualidade fisiológica contribuíram com apenas 3,25%, não sendo adequadas para determinar a diversidade genética da população. Porém, relataram que a diversidade genética pode ser estimada a partir dos caracteres morfológicos das sementes, de maneira mais precoce e rápida do que a estimativa da diversidade a partir de caracteres fisiológicos de sementes.

Resultados semelhantes foram relatados para outras espécies. Buratto et al. (2021) concluíram que o sistema de cores CIELab é eficiente e prático na classificação da cor de sementes de triticales (*Triticosecale wittmack*) submetidas ao teste de fenol. O mesmo foi observado por Gentallan Junior et al. (2019), onde o sistema de cor CIELab foi eficiente para distinguir diferentes tons de marrom de sementes de Pili (*Canarium ovatum Engl.*), e que pelo método UPGMA com base na distância de Mahalanobis foi possível separar a coleção de germoplasma em três grupos, classificando-os em marrom, marrom claro e marrom escuro.

Krause et al. (2017), ao avaliarem 61 genótipos de famílias endogâmicas de goiaba, atestaram a eficiência da análise de imagens digitais de sementes para quantificação da diversidade genética entre os genótipos e, segundo os autores, as variáveis de geometria foram as que mais contribuíram para a diversidade quando associada ao método Ward-MLM.

O equipamento *GroundEye*<sup>®</sup> tem se demonstrado uma ferramenta eficaz e promissora para avaliar diversidade genética a partir de caracteres de sementes, de forma precoce e rápida, podendo eliminar a necessidade de análises fisiológicas, que demandam tempo e recursos financeiros. No entanto, os aspectos da qualidade fisiológica das sementes em avaliação não podem ser negligenciados, pois são critérios importantes para a seleção de genótipos superiores (Silva et al.,



2021). Venora et al. (2007) descreveram que a análise de imagens é um método rápido e requer menos tempo para obtenção de dados, além de não ser destrutiva e de fácil reprodução. No entanto, para um maior conhecimento das condições de campo e aplicações em programas de melhoramento, as variáveis fisiológicas são indispensáveis.

Os resultados obtidos neste estudo e os descritos por Cardoso et al. (2009), Krause et al (2017), Fachi et al. (2019) e Torres et al. (2019) demonstram que a contribuição de cada característica para determinar a divergência genética de uma população pode variar de acordo com a espécie, genótipo e família estudada.

Mediante ao exposto, as famílias de irmãos completos de *Passiflora* sob seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*, utilizadas no presente estudo, são promissoras quanto ao potencial germinativo e vigor de sementes, e a divergência encontrada pode ser explorada quanto à seleção de genótipos superiores com base nestas características.

## CONCLUSÃO

As famílias de irmãos completos de maracujazeiro sob seleção recorrente visando resistência ao CABMV apresentam elevado potencial germinativo e vigor de sementes, bem como divergência genética para atributos relacionados à qualidade física e fisiológica de sementes. Tais resultados são promissores para a escolha de genótipos superiores, visando à obtenção de genótipos com elevada qualidade de sementes.

As características fisiológicas da semente e as características de cor e geometria fornecidas pelo *GroundEye*® foram eficientes para determinar a divergência entre as famílias, sendo a característica peso de mil sementes a que mais contribuiu para explicar a dissimilaridade entre as famílias.

Houve a formação de quatro grupos divergentes pelo método UPGMA. As famílias alocadas ao grupo I obtiveram as maiores médias para as características %G, %EA, CPA, CR, PSPA, PSR, Área, Perímetro e PMS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil. (2009) Regras Para Análise De Sementes – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 395p.
- Buratto, J. S., Fernandes, C. H. D. S., Rosa, J. C. G., Vanzo, A. T. D. F., Caviglione, J. H. (2021) Use of quantitative colorimetry and visual evaluation for color characterization of triticale seeds after phenol reaction. *Journal of Seed Science*, 43:e202143008.
- Cardoso, D. L., Silva, R. F., Pereira, M. G., Viana, A. P. (2009) Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. *Revista Ceres*, 56:572–579.
- Costa, C. J., Simões, C. O., Costa, A. M. (2010) Escarificação mecânica e reguladores vegetais para superação da dormência de sementes de *Passiflora setacea* D.C. *Embrapa Cerrados*, 271:15.
- Creiasco, J. P. G., Rosado, L. D. S., Borges, L. L., Bruckner, C. H., Cruz, C. D., Santos, C. E. (2021) Design I of Comstock and Robinson in the Emergence and Vigor of Sour Passion Fruit Seedlings. *International Journal of Fruit Science*, 21(1):492-49.
- Cruz, C. D. (2016) Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum Agronomy*, 38:547-552.
- Fachi, L. R., Krause, W., Vieira, H. D., Araújo, D. V., Luz, P. B., Viana, A. P. (2019) Digital image analysis to quantify genetic divergence in passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds. *Genetics and Molecular Research*, 18(3):18331.
- Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Braga, M.F.; Oliveira, E.J.; Peixoto, J.R., Costa, A.M. (2011) Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: histórico e perspectivas. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 36p.
- Freitas, J. C. O., Viana, A. P., Santos, E. A., Paiva, C. L., Silva, F. H. L., Amaral Júnior, A. T., Souza, M. M., Dias, V. M. (2016) Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. *Euphytica*, 208(3):493-507.
- Gentallan Junior, R. P., Altoveros, N. C., Borromeo, T. H., Endonela, L. E., Hay, F. R., Lalusin, A. G., Lalusin, A. G., Yoshioka, Y. (2019) Systematic establishment of colour descriptor states through image-based phenotyping. *Plant Genetic Resources*, 17(1):91-94.

- Gonçalves, D. H., Viana, A. P., Santos, E. A., da Costa Preisigke, S., Vidal, R. F., Cavalcante, N. R. (2021) Prospecting on *Passiflora* backcross families: implications for breeding aiming at CABMV resistance. *Euphytica*, 217(4):1-13.
- Gu, Z., Gu, L., Eils, R., Schlesner, M., Brors, B. (2014) Circlize implements and enhances circular visualization in R. *Bioinformatics*, 30(19):2811-2812.
- Hallauer, A.R., Miranda, Filho, J.B., Carena, M.J. (2010) Quantitative Genetics in Maize Breeding. New York, 664p.
- Henning, F. A., Mertz, L. M., Jacob Junior, E. A., Machado, R. D., Fiss, G., Zimmer, P. D. (2010) Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, 69:727-734.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2020) Produção agrícola municipal. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 24 de Nov. 2021.
- Krzyzanowski F. C., Vieira R. D., França-Neto J. B., Marcos-Filho J. (2020) Testes de vigor: Importância e utilização. In: Vigor de sementes: Conceitos e Testes. ABRATES, Londrina, 17–77 p.
- Krzyzanowski, F. C., França-Neto, J. D. B., Henning, A. A. (2018) A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. *Circular técnica*, 136(1):1-24.
- Lima, J. A. A., Nascimento, A. K. Q., Maia, L. M., Rabelo Filho, F. A. C. (2018) Biotypes of Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus in Brazil. In: Gaur, R. K., Khurana, S. P., Dorokhov, Y (Eds). Plant Viruses: Diversity, Interaction and Management. CRC Press., 27-40.
- Maguire J. D. (1962) Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176–177.
- Marcos-Filho, J. (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 600p.
- Marostega, T. N., Araujo, L., Luz, P. B. D., Neves, L. G., Barelli, M. A. A. (2017). Genetic diversity of *Passiflora* accessions based on morphophysiological seed descriptors. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(5):e-365.
- Meletti, L. M. M., Cavichioli, J. C., Pacheco, C.A. (2012) Cultivares e produção de mudas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 33(269):35-42.
- Mertz, L. M., Henning; F. A., Cruz; H. L., Meneghello, G. E., Ferrari, C. S., Zimmer, P. D. (2009) Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(1):23-29.
- Nicolini, C., Rabelo Filho, F. A., Resende, R. O., Andrade, G. P., Kitajima, E. W., Pio-Ribeiro, G., Nagata, T. (2012) Possible Host Adaptation as an Evolution Factor of Cowpea aphid-borne mosaic virus Deduced by Coat Protein Gene Analysis. *Journal of Phytopathology*, 1:82-87.

- Orozco-Restrepo, S. M., Rojas-Duque, S. L., Santos, T. M., Aristizábal-Loaiza, J. C., Horst-Bruckner, C. (2014) Evaluación de fructificación y determinación de la capacidad germinativa de semillas en *Passiflora setacea*. *Revista Agronomía*, 1:66-76.
- Paduá, J. G., Schwinge, L. C., Mundim, R. C., Salomao, A. N., Jose, S. C. B. R. (2011) Germinação de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 33(1):80-85.
- Preisigke, S.C., Viana, A.P., Santos, E.A., Santos, P.R., Ambrósio, M., Santos, V. O. dos, Silva, F.A. da. (2020a). Individual selection of the first backcross generation of passion fruit potentially resistant to the fruit woodiness disease. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92:e20180797.
- Preisigke, S.C., Viana, A.P., Santos, E.A., Santos, P.R., Ambrósio, M., Santos, V. O. dos, Silva, F.A. da., Walter, F.H. de B. (2020b). Selection strategies in a segregating passion fruit population aided by classic and molecular techniques. *Bragantia*, 79(1):47-61.
- Rodrigues, D. L., Viana, A. P., Vieira, H. D., Santos, E. A., Silva, F. H. D. L., Santos, C. L. (2017) Contribution of production and seed variables to the genetic divergence in passion fruit under different nutrient availabilities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52:607-614.
- Rodrigues, W. P., Vieira, H. D., Teodoro, P. E., Partelli, F. L., Barbosa, D. H. S. (2015) Assessment of genetic divergence among coffee genotypes by Ward-MLM procedure in association with mixed models. *Genetics and Molecular Research*, 15(2):gmr15027889.
- Rosado, R. D. S., Rosado, L. D. S., Cremasco, J. P. G., Santos, C. E. M. D., Dias, D. C. F. D. S., Cruz, C. D. (2017) Genetic divergence between passion fruit hybrids and reciprocals based on seedling emergence and vigor. *Journal of Seed Science*, 39:417-425.
- Santos, C.E.M., Morgado, M.A.D.O., Matias, R.G.P., Wagner Júnior, A., Bruckner, C.H. 2015. Germination and emergence of passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds obtained by self- and open-pollination. *Acta Scientiarum, Agronomy* 37(4):489-493.
- Santos, E.A., Viana, A.P., Freitas, J.C.O., Rodrigues, D.L., Tavares, R.F., Paiva, C.L., Souza, M.M. (2015a) Genotype selection by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora spp.* crossing. *Euphytica*. 204:1-11.
- Santos, F. C., Ramos, J. D., Pasqual, M., Rezende, J. C., Santos, F. C., Villa, F. (2010) Micropropagação do maracujazeiro-do-sono. *Revista Ceres*, 57:112-117.
- Santos, V.O. dos, Viana, A.P., Preisigke, S. da C, Santos, E.A. (2019b). Backcrosses in a segregating population of *Passiflora* mediated by morphoagronomic and resistance traits. *Bragantia*, 78(4):542-552.

- Silva, C. C. A., Vieira, H. D., Viana, A. P., Maitan, M. Q., Santos, E. A. (2021) Phenomics approaches: genetic diversity and variance components in a S2 guava family by seed traits. *Bragantia*, 80:e3721.
- Silva, S.M., R.C.D. Oliveira, R.F.D. Almeida, A.D. Sá, C.M.D. Santos. (2015) Aryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. *Journal of Seed Science*, 37:125-130.
- Silveira, D. C., Machado, J. M., Faccioli, M. W. F., Tolfo, A. M., Eich, C. (2019) Diversidade genética de acessos de feijão crioulo na região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*. 25:133-146.
- Torres, G. X., Viana, A. P., Vieira, H. D., Rodrigues, D. L., Santos, V. O. (2019) Contribution of seed traits to the genetic diversity of a segregating population of *Passiflora spp.* *Chilean journal of agricultural research*, 79(2):288-295.
- Vanzolini, S., Araki, C. A. D. S., Silva, A. C. T. M. D., Nakagawa, J. (2007) Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 29:90-96.
- Venora, G., Grillo, O., Shahin, M. A., Symons, S. J. (2007) Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil using an image analysis system. *Food Research International*, 40(1):161-166.
- Viana, A. P., Detmann, E., Pereira, M. G., Souza, M. M. D., Pereira, T. N. S., Amaral Júnior, A. T. D., Gonçalves, G. M. (2007) Polinização seletiva em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) monitorada por vetores canônicos. *Ciência Rural*, 37(6):1627-1633.
- Viana, A. P., Silva, F. H. L., Gonçalves, G. M., Silva, M. G. M., Ferreira, R. F., Pereira, T. N. S., Pereira, M. G., Amaral Júnior, A. T., Carvalho, G. F. (2016) UENF Rio Dourado: a new passion fruit cultivar with high yield potential. *Crop Breed and Applied Biotechnology*, 16:250-253.
- Vidal, R. F., Viana, A. P., Preisigke, S. D. C., Cavalcante, N. R., Júnior, D. H., Mendes, D. S. (2021) Evaluation of resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus in passion fruit backcrosses for recurrent selection and development of resistant cultivars. *Gene Conserve*, 20(78):1-15.
- Welter, M.K., Smiderle, O.J., Uchôa, S.C.P., Chang, E.P.M. (2011) Germinação de sementes de maracujá amarelo azedo em função de tratamentos térmicos. *Revista Agro@ambiente on-line*, Roraima, 5(3):227-232.

### 3.2. PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO PARA CARACTERÍSTICAS DE SEMENTES DE *PASSIFLORA* SOB SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA AO *Cowpea aphid-borne mosaic virus*

#### RESUMO

O uso de índices de seleção para múltiplas características é uma estratégia eficiente para predizer ganhos genéticos no melhoramento de maracujazeiro. O presente trabalho teve por objetivo estimar os parâmetros genéticos e o ganho de seleção em famílias de irmãos completos de maracujazeiro a partir de características de sementes. Para tal, foram avaliadas 14 variáveis físicas e fisiológicas de sementes em 86 famílias de irmãos completos de maracujazeiro sob seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. Foram estimados os parâmetros genéticos, a correlação genotípica, e as predições dos ganhos genéticos. As predições dos ganhos por seleção foram obtidas pelos índices de Mulamba e Mock, Smith e Hazel, Pesek e Baker e de Williams, utilizando diferentes pesos econômicos: herdabilidade, coeficiente de variação genética, desvio padrão genético, índice de variação e pesos arbitrários por tentativas. Houve diferenças significativas entre as famílias para todas as variáveis estudadas. Foi observada variabilidade genética entre as famílias de irmãos completos. Correlações genéticas altas positivas entre as variáveis germinação, envelhecimento acelerado, peso seco da parte aérea, área e peso de mil sementes, foram identificadas. Foram selecionadas as melhores 26 famílias com base nas características físicas e fisiológicas de sementes, que darão

origem à população melhorada. O índice de Mulamba e Mock proporcionou a melhor distribuição de ganhos genéticos para as características de sementes, utilizando os pesos arbitrários por tentativa, portanto, é o procedimento mais indicado na seleção das famílias superiores para constituírem o segundo ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

## ABSTRACT

In order to obtain superior genotypes, it is necessary that they simultaneously gather several desirable attributes. Simultaneous selection of characteristics, based on the use of selection indices, is an efficient alternative, as it allows selection based on several characteristics of interest. The present work aimed to estimate the genetic parameters and the genetic gain for FIC, from seed characteristics, aiming at the selection of promising genotypes to continue the cycle of recurrent selection for resistance to CABMV and with high physiological potential of seeds. For this, 14 characteristics (physical and physiological) of seeds were used, estimating the genetic parameters, the genotypic correlation, and the predictions of genetic gains. The predictions of gains by selection were obtained by the indices of Mulamba and Mock, Smith and Hazel, Pesek and Baker and of Williams, using different economic weights: heritability, genetic variation coefficient, genetic standard deviation, variation index and arbitrary weights by trials. High genetic divergence was observed between full-sib families through genetic parameters, high positive correlations were observed between the variables germination, accelerated aging, shoot dry weight, area and weight of a thousand seeds. The Mulamba and Mock index provided the best distribution of predicted gains for the traits under study, using arbitrary weights per trial, and allowed the selection of 26 families with high physiological seed potential to continue the passion fruit breeding program.

## INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das principais bases econômicas do Brasil. As passifloras apresentam papel fundamental na diversidade de espécies, além de sua grande importância econômica para o país (Milward-de-Azevedo, 2018). O Brasil ocupa a terceira colocação no *ranking* da produção mundial de frutas, precedido da Índia e da China, com uma produção de aproximadamente 42 milhões de toneladas por ano (Kist et al., 2019). Dentre as frutas produzidas, o maracujá azedo (*Passiflora edulis*) é a espécie mais cultivada nos pomares comerciais devido à valorização do consumidor por seus frutos e ao incentivo ao agronegócio. Além disso, destaca-se no cenário nacional da fruticultura por oferecer rápido retorno sobre o capital e oportunidade de uma renda mais distribuída ao longo do ano (Meletti, 2011; Faleiro et al., 2017).

A propagação do maracujazeiro pode ocorrer de forma sexuada através das sementes ou assexuada pelos métodos de estaquia, enxertia ou cultura de tecidos. Dentre essas, a principal forma de propagação é via seminífera, dada a facilidade e praticidade do processo, além de apresentar menor custo de produção quando comparado aos outros métodos (Meletti et al., 2012, Silva et al., 2015). Porém, este tem algumas limitações, as quais estão relacionadas principalmente à qualidade fisiológica das sementes, causando germinação irregular, formando mudas heterogêneas e menos vigorosas, comprometendo a qualidade destas (Cremasco et al., 2021). Parte dessa variação na germinação pode ser devido à composição genética dos genitores, pois quando cruzados darão origem às sementes (Alexandre et al., 2004).

No desenvolvimento de novas cultivares com resistência e bons atributos agronômicos, os melhoristas devem levar em consideração as variáveis relacionadas à semente, uma vez que novas cultivares com boa capacidade de germinação são altamente desejadas (Torres et al., 2019). Assim, um dos grandes desafios que os melhoristas enfrentam é agrupar em um genótipo o maior número de caracteres desejáveis, obter frutos com alta qualidade, resistência às principais doenças e sementes de qualidade. A porcentagem de germinação e o vigor das mudas são fatores que devem ser considerados no melhoramento genético de maracujazeiro. (Souto et al., 2017).



Portanto, para selecionar genótipos superiores, é importante a avaliação da qualidade fisiológica de suas sementes, o que pode ser realizado por meio de testes de germinação, vigor e resistência ao estresse que determinarão os genótipos mais ou menos vigorosos (Marcos-Filho, 2015). Outra possibilidade é a análise de imagens digitais das sementes, que vem sendo utilizada para identificação de cultivares; determinação da cor das sementes, e classificar a semente em categorias de tamanho (Krause et al., 2017; Torres et al., 2019; Buratto et al., 2021).

O estudo e a estimação de parâmetros genéticos como coeficiente de variação genética, herdabilidade e correlação entre caracteres são de suma importância, pois através destes podemos estimar a variabilidade genética, o grau de expressão de um caráter de uma geração para outra e a possibilidade de ganhos por meio da seleção direta ou indireta (Rocha et al., 2003).

No entanto, para se obterem genótipos superiores, há necessidade de que os mesmos reúnam simultaneamente múltiplos atributos desejáveis. Dessa forma, a seleção com base em uma característica tem se mostrado inadequada, por conduzir aos genótipos superiores em relação ao caráter selecionado, mas com desempenho não tão favorável em relação aos demais (Cruz e Regazzi, 2004). Uma forma de se aumentar o êxito com a seleção é por meio da seleção simultânea de características. Assim, a utilização dos índices de seleção é uma alternativa eficiente, pois permite a seleção com base em várias características de interesse.

O índice de seleção vem sendo usado em diferentes trabalhos de melhoramento do maracujazeiro para características de produção do fruto e resistência às doenças, e resultados promissores foram observados em relação aos ganhos genéticos (Dalbosco et al., 2018; Cavalcante et al., 2019; Gonçalves Junior, 2019). No entanto, nota-se escassez de trabalhos relacionados às características físicas e fisiológicas das sementes do maracujazeiro utilizando estratégias dos índices de seleção. O uso dessa metodologia, aliado ao estudo precoce de vigor e germinação, contribuirá para o melhoramento genético da espécie.

Assim, o presente estudo objetivou estimar os parâmetros genéticos de características físicas e fisiológicas de sementes de famílias de irmãos completos de maracujazeiro e o ganho genético, por meio de índices de seleção, visando a seleção das famílias superiores para dar continuidade ao ciclo de seleção recorrente para resistência ao CABMV.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Material vegetal e obtenção das sementes

A amostra de sementes das famílias de irmãos completos (FIC) avaliadas no presente estudo foi obtida a partir de um experimento desenvolvido pelo programa de melhoramento do maracujazeiro visando resistência ao CABMV da UENF. O ensaio foi conduzido na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo (21° 42' 48" Sul e longitude 41° 20' 38" Oeste, altitude de 14m), Campos dos Goytacazes, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. O local apresenta temperatura anual média de 23,6°C e precipitação total anual 1073 mm. Segundo a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é tropical, apresentando verões quentes e invernos amenos, com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão. A área foi irrigada por gotejamento e foram realizados os cuidados na cultura de acordo com orientações técnicas.

O experimento foi constituído por 90 famílias de irmãos completos (FIC) de maracujazeiro do primeiro ciclo de seleção recorrente (C0), visando resistência ao CABMV, e duas testemunhas (*Passiflora edulis*: Cultivar UENF Rio Dourado; e *Passiflora setacea*: Espécie silvestre da coleção de germoplasma da UENF) (Tabela 1). Este foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e três plantas por parcela, totalizando nove plantas por família.

A amostra utilizada para avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes corresponde a uma mistura de sementes dos frutos de nove plantas de cada família, para um total de 86 FIC.

Os frutos foram coletados quando maduros e caídos no chão, e manuseados no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV). Estes foram seccionados pela metade e as polpas foram depositadas em sacos de polietileno, devidamente etiquetadas com a numeração dos genótipos e armazenadas em câmara fria a 10°C até obter quantidade suficiente de polpa de cada família para extração de sementes.

A mucilagem foi separada das sementes com o auxílio de uma peneira de malha de aço pelo método de fricção sob água corrente até a remoção total do arilo. As sementes foram dispostas em bandejas, devidamente identificadas, contendo papel toalha e secas à temperatura ambiente, por um período de cinco dias. Posteriormente, as sementes foram classificadas visualmente, separando as sementes esbranquiçadas ou de coloração heterogênea das sementes puras. As

sementes puras foram alocadas em sacos de papel, devidamente identificadas com a numeração da família (Tabela 1).

**Tabela 1:** Identificação e origem das 86 famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente de *Passiflora* da UENF para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic vírus*

Trat	Família	Cruzamentos	Trat	Família	Cruzamentos
1	FSR1	42 (RC2-355) x 571 (RC2-501)	45	FSR51	495 (RC2-293)x441 (RC2-355)
2	FSR2	42 (RC2-355) x 495 (RC2-293)	46	FSR53	508 (HI5-14)x82 (FIC1)
3	FSR3	42 (RC2-355) x 82 (FIC1)	47	FSR54	551(RC2-501)x 42 (RC2-355)
4	FSR4	74 (RC2-501) x95 (RC2-501)	48	FSR55	551(RC2-501)x74 (RC2-501)
5	FSR5	74 (RC2-501)x156 (RC2-293)	49	FSR56	551(RC2-501)x281 (RC2-355)
6	FSR6	74 (RC2-501)x495 (RC2-293)	50	FSR57	551(RC2-501)x441 (RC2-355)
7	FSR7	74 (RC2-501)x571 (RC2-501)	51	FSR58	551(RC2-501)x495 (RC2-293)
8	FSR8	74 (RC2-501)x24 (FIC2)	52	FSR59	551(RC2-501)x572 (RC2-501)
9	FSR10	89 (RC2-501)x281 (RC2-355)	53	FSR60	551(RC2-501)x583 (RC2-355)
10	FSR11	95 (RC2-501)x 42 (RC2-355)	54	FSR61	551(RC2-501)x167 (FIC2)
11	FSR13	95 (RC2-501)x281 (RC2-355)	55	FSR62	556 (RC2-501)x495 (RC2-293)
12	FSR14	95 (RC2-501)x571 (RC2-501)	56	FSR63	556 (RC2-501)x24 (FIC2)
13	FSR16	103 (RC2-153)x441 (RC2-355)	57	FSR64	556 (RC2-501)x82 (FIC1)
14	FSR17	138 (RC2-17)x 42 (RC2-355)	58	FSR65	556 (RC2-501)x167 (FIC2)
15	FSR18	138 (RC2-17)x95 (RC2-501)	59	FSR66	565 (RC2-501)x281 (RC2-355)
16	FSR19	138 (RC2-17)x571 (RC2-501)	60	FSR67	565 (RC2-501)x572 (RC2-501)
17	FSR20	138 (RC2-17)x593 (RC2-355)	61	FSR68	572x95 (RC2-501)
18	FSR21	138 (RC2-17)x82 (FIC1)	62	FSR69	572x495 (RC2-293)
19	FSR22	156 (RC2-293)x 42 (RC2-355)	63	FSR70	572 (RC2-501)x24 (FIC2)
20	FSR23	156 (RC2-293)x95 (RC2-501)	64	FSR71	572 (RC2-501)x82 (FIC1)
21	FSR24	156 (RC2-293)x281 (RC2-355)	65	FSR72	583 (RC2-355)x441 (RC2-355)
22	FSR25	156 (RC2-293)x571 (RC2-501)	66	FSR73	593 (RC2-355)x95 (RC2-501)
23	FSR26	156 (RC2-293)x24 (FIC2)	67	FSR74	627 (RC2-293)x281 (RC2-355)
24	FSR27	162 (RC2-293)x95 (RC2-501)	68	FSR75	627 (RC2-293)x583 (RC2-355)
25	FSR28	162 (RC2-293)x441 (RC2-355)	69	FSR76	24 (FIC2)x42 (RC2-355)
26	FSR29	166 (RC2-293)x 42 (RC2-355)	70	FSR77	24 (FIC2)x167 (FIC2)
27	FSR30	166 (RC2-293)x95 (RC2-501)	71	FSR78	62 (FIC2)x167 (FIC2)
28	FSR31	167 (FIC2)x95 (RC2-501)	72	FSR79	62 (FIC2)x572 (RC2-501)
29	FSR32	167 (FIC2)x483 (RC2-293)	73	FSR80	82 (FIC1)x495 (RC2-293)
30	FSR33	167 (FIC2)x495 (RC2-293)	74	FSR82	34 (FIC2)x95 (RC2-501)
31	FSR34	167 (FIC2)x572 (RC2-501)	75	FSR83	34 (FIC2)x495 (RC2-293)
32	FSR35	167 (FIC2)x583 (RC2-355)	76	FSR84	34 (FIC2)x24 (FIC2)
33	FSR36	167 (FIC2)x82 (FIC1)	77	FSR85	34 (FIC2)x82 (FIC1)
34	FSR38	238 (RC2-153)x495 (RC2-293)	78	FSR86	231 (FIC1)x95 (RC2-501)
35	FSR39	323 (RC2-293)x95 (RC2-501)	79	FSR87	231 (FIC1)x281 (RC2-355)
36	FSR40	323 (RC2-293)x441 (RC2-355)	80	FSR88	231 (FIC1)x323 (RC2-293)
37	FSR41	325 (RC2-293)x495 (RC2-293)	81	FSR89	231 (FIC1)x495 (RC2-293)
38	FSR42	332 (RC2-293)x95 (RC2-501)	82	FSR90	231 (FIC1) x572 (RC2-501)

Tabela 1,

39	FSR43	376 (RC2-501)x156 (RC2-293)	83	FSR91	231 (FIC1)x583 (RC2-355)
40	FSR44	377 (RC2-501)x495 (RC2-293)	84	FSR92	231 (FIC1)x593 (RC2-355)
41	FSR47	441 (RC2-355)x 42 (RC2-355)	85	FSR93	7 (HI1-15) x 95 (RC2-501)
42	FSR48	441 (RC2-355)x572 (RC2-501)	86	FSR94	339 (HI5-14) x 167 (FIC2)
43	FSR49	495 (RC2-293)x95 (RC2-501)	87	<i>P. setacea</i> *	BAG da UENF
44	FSR50	495 (RC2-293)x281 (RC2-355)	88	<i>P. edulis</i> **	Cultivar UENF Rio Dourado

Trat. – Tratamentos. FSR – Famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente. FIC – Famílias de irmãos completos oriundas da recombinação de genótipos selecionados do RC1 (Gonçalves et al., 2021). HI – Híbridos interespecíficos (Santos et al., 2015). RC2 – Famílias de irmãos completos da segunda geração de retrocruzamento (Vidal et al., 2021). \*Espécie silvestre do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da UENF. \*\*Cultivar UENF Rio Dourado (Viana et al., 2016).

### Ensaio de avaliação física e fisiológica das sementes

A avaliação das famílias, quanto às características físicas e fisiológicas de sementes, foi conduzida no Laboratório de Fitotecnia – Setor de Produção e Tecnologia de Sementes da UENF.

Os experimentos seguiram o delineamento inteiramente casualizado e foram constituídos por 88 tratamentos, sendo eles: 86 famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente (C<sub>0</sub>) visando resistência ao CABMV; e duas testemunhas, *P. edulis* e *P. setacea* (Tabela 1).

### Características físicas avaliadas

#### Peso de mil sementes

O peso de mil sementes (PMS) foi determinado a partir de oito repetições, da amostra de sementes puras, de 100 sementes, pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e o resultado expresso em gramas (Brasil, 2009).

Para verificação da confiabilidade das médias das amostras, seguindo a recomendação das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), foram calculados a variância, desvio padrão e o coeficiente de variação, de acordo com as fórmulas:

$$\text{Variância} = n (\sum x^2) - (\sum x)^2 / n (n - 1)$$

Onde:

x = peso de cada repetição

n = número de repetições

$\Sigma$  = somatório

Desvio padrão (S) =  $\sqrt{\text{variância}}$

Coeficiente de variação (CV) =  $S/\bar{x}$  (100)

Onde:

$\bar{x}$  = Peso médio de 100 sementes.

### **Fenotipagem digital de sementes**

A fenotipagem das sementes foi realizada com o auxílio do equipamento *GroundEye*®. Foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram dispostas em bandeja acrílica para a captura de imagem. Por meio do sistema de análise de imagens, o *software* gerou planilhas com os resultados das características geométricas (área, diâmetro máximo, diâmetro mínimo e perímetro).

### **Características fisiológicas avaliadas**

Para avaliação da germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas e peso seco de plântulas, foi conduzido um experimento com quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram dispostas em substrato de papel umedecido com água na proporção de 2,5 o peso do papel (Brasil, 2009). Os rolos foram colocados em sacos de polietileno transparente e levados para germinadores regulados à temperatura alternada de 20-30°C e fotoperíodo ajustado para 8 horas/dia e 16 horas/noite.

As avaliações fisiológicas foram realizadas de acordo com a Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009).

### **Teste de germinação**

A avaliação da germinação foi realizada após 28 dias, onde foram contabilizadas as plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas (Brasil, 2009) e os resultados expressos em porcentagem.

### **Índice de velocidade de germinação**

Durante o período de condução do teste de germinação foi avaliado o índice de velocidade de germinação (IVG). Para tal, a cada dois dias foram contabilizadas

as sementes que emitiram 0,5 cm do sistema radicular. Para o cálculo do IVG foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G<sub>1</sub> a G<sub>n</sub> = é o número de plântulas germinadas a cada dia;

N<sub>1</sub> a N<sub>n</sub>= Número de dias de cada contagem.

### **Comprimento de plântulas**

Para o comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) foram selecionadas, aleatoriamente, 10 plântulas de cada repetição. Com o auxílio de uma régua graduada foi mensurado o tamanho da parte aérea e do sistema radicular, sendo os resultados expressos em centímetros.

### **Peso seco de plântulas**

Para determinar o peso da matéria seca, as 10 plântulas utilizadas para avaliação do comprimento de plântulas foram colocadas, separadamente, a parte aérea e raiz, em envelopes de papel e levados para a estufa com circulação forçada de ar, a 65°C constante, durante 72h. Após o tratamento de secagem, as amostras foram colocadas para resfriar em dessecadores e pesadas em balança com precisão 0,0001 g, sendo os resultados expressos em mg/plântula.

### **Envelhecimento acelerado**

Para avaliação do envelhecimento acelerado (EA) foi conduzido um novo ensaio com quatro repetições de 60 sementes. As sementes foram distribuídas sobre a superfície de uma tela metálica, fixada e suspensa no interior de caixa plástica tipo gerbox, contendo 40 mL de água, mantida em câmara de envelhecimento tipo BOD a 40°C e 100% de umidade relativa, por 48 h.

Decorrido esse período, foram montados os testes de germinação com quatro repetições de 50 sementes cada (Brasil, 2009). Adicionalmente foi aplicada uma solução do fungicida Orthocide®500 na concentração de 0,1% sobre as sementes,

para evitar possíveis contaminações por microrganismos. Em seguida, foi avaliado o potencial de germinação das sementes, seguindo as mesmas condições descritas para o teste de germinação. Foi determinada a porcentagem de plântulas normais aos 28 dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem.

### **Análises estatísticas**

#### **Análise de variância**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as variáveis que apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, ao nível de significância de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste F, foram submetidas ao teste de agrupamento de médias de Skott-Knott ao mesmo nível de significância. As análises dos dados foram realizadas por meio do *software* Genes (Cruz, 2016).

Modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = observação referente ao  $i$ -ésimo efeito na  $j$ -ésima repetição.

$\mu$  = constante geral;

$G_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo,  $i = 1, 2, \dots, 88$

$E_{ij}$  = erro experimental.

#### **Parâmetros genéticos**

A variância fenotípica ( $\sigma^2_f$ ), variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ), variância ambiental ( $\sigma^2_e$ ), herdabilidade ( $h^2$ ), Índice de variação, coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ), e correlação genotípica ( $r_g$ ) foram estimados a partir da análise de variância, considerando as expressões propostas por Cruz (2014):

Variância fenotípica entre médias dos genótipos

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{r};$$

Variância genotípica entre médias dos genótipos

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMR}{r};$$

Variância ambiental entre médias dos genótipos

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QMR}{r};$$

Herdabilidade em nível de média dos genótipos

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{QMG/r};$$

Coefficiente de variação genético

$$CVg = 100\sqrt{\hat{\sigma}_g^2 / m};$$

Coefficiente de variação ambiental

$$CVe = 100\sqrt{QMR / m};$$

Índice de variação

$$Iv = \frac{CV_g}{CV_e}$$

Em que:

QMG: quadrado médio de genótipos;

QMR: quadrado médio de resíduo;

r: número de repetições;

m: média dos genótipos.

### Correlação genotípica

Foi estimada a matriz de correlação genotípica ( $r_g$ ) entre os 14 caracteres avaliados, pela fórmula:

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{gxy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \hat{\sigma}_{gy}^2}}$$

Sendo:

$$\hat{\sigma}_{gxy} = \frac{PTM_{xy} - PMR_{xy}}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{gx}^2 = \frac{QMT_x - QMR_x}{r}$$



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

Em que:  $\hat{\sigma}_{gxy}$ : estimador da covariância genotípica entre os caracteres X e Y; e

$\hat{\sigma}_{gx}^2$  e  $\hat{\sigma}_{gy}^2$ : estimadores das variâncias genotípicas dos caracteres X e Y, respectivamente.

### Índice de seleção e predição de ganhos

Os índices de seleção empregados para predizer os ganhos genéticos foram: Mulamba e Mock (1978), Pesek e Baker (1969), Smith (1936) e Hazel (1943) e Williams (1962), considerando uma intensidade de seleção de 30%, que corresponde à seleção das 26 melhores famílias de irmãos completos.

O índice de Mulamba e Mock (1978) hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma de “*ranks*”, que assinala a classificação dos genótipos.

O método de Pesek e Baker (1969) baseia-se nos ganhos desejados para evitar a inexactidão de atribuição de valores aos pesos econômicos e define-se por:  $b = G^{-1}Ag_d$ , em que  $Ag_d$  é o vetor de ganhos desejados;  $G^{-1}$  é a inversa da matriz de variâncias e covariâncias genéticas.

O índice de Smith (1936) e Hazel (1943) fundamentou-se na solução do sistema matricial  $b = P^{-1}Ga$ , em que  $b$  é o vetor de dimensão 14 x 1 dos coeficientes de ponderação do índice, a serem estimados;  $P^{-1}$  é a inversa da matriz de dimensão 14 x 14 de variâncias e covariâncias genéticas entre as características; e  $a$  é um vetor 14 x 1 de pesos econômicos.

O índice de Williams (1962) dispensa o uso de matrizes de variâncias e covariâncias, objetivando evitar estimações imprecisas desses componentes, sendo expresso por:  $I = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n = a'X$ , em que  $I$  é o índice de seleção;  $a_i$  é o peso econômico atribuído à característica  $i$ , sendo  $i = 1, \dots, n$ ;  $a'$  é o vetor dos pesos econômicos;  $x_i$  é a média da característica  $i$ , sendo  $i = 1, \dots, n$ ; e  $X$  é o vetor das médias das  $n = 14$ , características que constituem o índice.

Esses índices de seleção foram utilizados para selecionar as 26 famílias de irmãos completos de maracujazeiro para atributos de sementes. Para tal, foram adotados os pesos econômicos sugeridos por Cruz et al. (2014): coeficiente de

variação genética (CVg); desvio padrão genético (DPg); herdabilidade ( $h^2$ ); índice de variação (Iv) e pesos atribuídos por tentativas (PA) para cada característica. Estes últimos foram obtidos após várias tentativas, aplicando-se os maiores pesos às características de maior relevância para características de sementes de maracujá, distribuídas da seguinte forma: 80, 100, 30, 30, 80, 50, 50, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 50, para Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (G), Plântula Anormal (PA), Sementes não germinadas (NG), Envelhecimento Acelerado (EA), Comprimento da Parte Aérea (CPA), Comprimento de Raiz (CR), Peso Seco da Parte Aérea (PSPA), Peso Seco de Raiz (PSR), Área, Diâmetro máximo (DMáx), Diâmetro mínimo (DMín), Perímetro (Perím) e Peso de Mil Sementes (PMS), respectivamente.

## RESULTADOS

A análise de variância identificou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as famílias de irmãos completos para todas as características avaliadas (Tabela 2).

Os coeficientes de variação apresentaram baixa magnitude (abaixo de 10%) para maioria dos caracteres, indicando boa precisão experimental e, portanto, confiabilidade na estimação de parâmetros genéticos a serem utilizados para predição de ganhos e, conseqüentemente, maior eficiência na seleção.

Para os caracteres plântula anormal (PA) e sementes não germinadas (NG), os altos valores de CV% (102,07% e 61,91%, respectivamente) podem ser explicados pela presença de muitos zeros, pois a maioria das famílias apresentaram alta porcentagem de germinação. Portanto, a natureza das observações não é homogênea, o que se traduz em um coeficiente maior.

As estimativas de variância fenotípica ( $\sigma^2_f$ ), variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ) e variância ambiental ( $\sigma^2_e$ ), variaram de 0,0002 a 136,94, 0,002 a 126,24 e 0,000006 a 10,70, respectivamente (Tabela 2). A variância genética foi maior que a variância ambiental, ou seja, a maior parte da variância fenotípica é resultado da diferença genética entre as famílias de irmãos completos, e não efeito do ambiente, conseqüentemente, a população avaliada terá bons valores de herdabilidade. O que possibilita maior sucesso nos ganhos de seleção.

As estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) foram de alta magnitude para a maioria das variáveis avaliadas, sendo um pouco inferior para plântula anormal (%PA) com 86,87, e levemente superior para peso de mil sementes (PMS) com 99,72%.

Todas as variáveis apresentaram elevados valores de  $CV_g$ , variando de 4,13 a 131,25. O coeficiente da variação genética ( $CV_g$ ) quantifica a magnitude da variação genética disponível para seleção e, portanto, valores elevados são desejáveis. Observou-se também, que foram obtidos valores de índice de variação ( $I_v$ ) maiores que a unidade, variando de 1,29 (%PA) a 9,52 (PMS), indicando que a variância genética é superior à ambiental (Tabela 2).

**Tabela 2:** Estimativa dos quadrados médios da análise de variância para 14 características físicas e fisiológicas de sementes de famílias de irmãos completos de maracujazeiro sob seleção recorrente para resistência ao CABMV

FV	GL	Quadrado Médio													
		IVG	G	PA	NG	EA	CPA	CR	PSPA	PSR	Área	DMax	DMin	Perím	PMS
Tratamentos	87	3,69*	639,63*	46,17*	149,09*	813,31*	3,64*	3,29*	266,19*	93,44*	0,001*	0,004*	0,001*	0,077*	0,278*
Famílias	85	2,26*	253,79*	46,69*	150,22*	547,76*	2,15*	2,11*	169,78*	80,30*	0,001*	0,004*	0,001*	0,075*	0,253*
Testemunha	1	78,06*	20000*	0,00**	0,00**	11704,50*	78,38*	76,76*	4050*	364,50*	0,005*	0,004*	0,008*	0,123*	1,777*
F vs Test,	1	51,04*	14075,27*	48,18**	202,33*	12494,55*	55,91*	29,77*	4677,29*	939,51*	0,006*	0,004*	0,014*	0,254*	0,895*
Resíduo	264	0,07	14,92	6,13	9,47	42,81	0,12	0,13	5,23	2,07	0	0	0	0,001	0,001
Total	351														
CV (%)		4,85	4,22	102,07	61,91	8,46	6,04	7,26	4,93	8,24	2,37	1,17	1,17	1,63	1,13
		Parâmetros Genéticos													
$\sigma^2_f$	-	0,57	63,45	11,67	37,55	136,94	0,54	0,53	42,44	20,07	0,000271	0,000916	0,000299	0,018697	0,063195
$\sigma^2_g$	-	0,55	59,72	10,14	35,19	126,24	0,51	0,49	41,14	19,56	0,000266	0,000902	0,000293	0,018465	0,063021
$\sigma^2_e$	-	0,02	3,73	1,53	2,37	10,7	0,03	0,03	1,31	0,52	0,000006	0,000014	0,000006	0,000233	0,000174
$h^2$	-	96,71	94,12	86,87	93,69	92,18	94,4	93,74	96,92	97,42	97	98,49	98,03	98,75	99,72
CVg	-	13,15	8,44	131,25	119,31	14,53	12,39	14,05	13,82	25,32	8,02	4,73	4,13	7,25	10,79
lv	-	2,71	2	1,29	1,93	1,72	2,05	1,93	2,8	3,07	3.391	4.040	3.533	4,45	9,52

CABMV - *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. FV – Fator de variação. GL – Graus de liberdade. IVG: Índice de velocidade de germinação. %G – Germinação. %PA - Plântulas anormais. %NG - sementes não germinadas. %EA - Envelhecimento acelerado. CPA - Comprimento de parte aérea (cm). CR - Comprimento de raiz (cm). PSPA – Peso seco da parte aérea (mg). PSR - Peso seco de raiz (mg). PMS – Peso de mil sementes.  $\sigma^2_f$  – variância fenotípica.  $\sigma^2_g$  – variância genotípica.  $\sigma^2_e$  – variância ambiental.  $h^2$  – Herdabilidade. CVg – coeficiente de variação genético. lv – índice de variação. \*, \*\* – significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Correlações genotípicas positivas de alta magnitude foram encontradas entre as variáveis germinação com IVG, PSPA e PMS ( $r_g=0,73, 0,53$  e  $0,52$ , nessa ordem), entre peso de mil sementes com PSPA, Área e DMín ( $r_g= 0,69, 0,75$  e  $0,61$ ), e entre Área com DMáx e DMín ( $r_g = 0,85$  e  $0,90$ ). Para as demais variáveis, as correlações variaram de  $0,23$  a  $0,48$ . Mesmo com magnitudes fracas a medianas, essas correlações mostram que, à medida que aumenta o potencial de uma característica, haverá ganhos simultâneos no outro devido à resposta correlacionada (Tabela 3).

Ao adotar os pesos econômicos CVg, DPg,  $h^2$ , lv e PA, mediante diferentes índices de seleção, foram estimados ganhos percentuais preditos para as variáveis de qualidade física e fisiológica de sementes (Tabela 3).

Para o índice de Mulamba e Mock (1978), observou-se que para todos os pesos econômicos utilizados com exceção do desvio padrão genético (DPg), foram revelados ganhos positivos para todas as variáveis.

Ao usar CVg como peso econômico, observou-se que este rendeu os maiores ganhos previstos para germinação (%G) e Peso seco de raiz (PSR), com  $7,46\%$  e  $14,85\%$ , respectivamente. No entanto, este estimador não pode ser usado devido ao ganho negativo ( $-0,15\%$ ) expresso no diâmetro mínimo (DMÍN) da semente.

Quando utilizado a  $h^2$ , CVg, DPg, lv e PA os ganhos preditos revelaram resultados promissores, estes renderam os maiores ganhos positivos previstos para PSPA com  $11,89\%$ ,  $11,27\%$ ,  $10,75\%$ ,  $11,47\%$ ,  $10,89\%$  e PSR com  $14,74\%$ ,  $14,85\%$ ,  $12,49\%$ ,  $12,44\%$ ,  $10,29\%$ , respectivamente. E para PA e NG, ganhos negativos (Tabela 3), indicando a perspectiva de seleção de genótipos com sementes menos propensas a formarem plântulas anormais e sementes não germinadas.

Quando o peso econômico atribuído foi o DPg nas características Área, Dmáx, Dmín e Perím, os ganhos não foram tão elevados ( $1,01\%$ ,  $0,58\%$ ,  $0,40\%$  e  $2,11\%$ ), embora tenham sido ganhos positivos. Além disso, G e EA apresentaram ganhos elevados e positivos ( $7,18\%$  e  $12,28\%$ ), os quais são interessantes em uma população de maracujá para características de sementes, pois a população apresenta maior taxa de germinação e vigor, conseqüentemente, podem tolerar estresses mais severos em condições adversas no campo.

**Tabela 3.** Estimativas de correlação genotípica, em médias determinadas em 86 famílias de irmãos completos de maracujazeiro sob seleção recorrente para resistência ao CABMV e duas testemunhas, para 14 variáveis físicas e fisiológicas de sementes

	IVG	G	PA	NG	EA	CPA	CR	PSPA	PSR	AREA	DMAX	DMIN	PERIM	PMS
IVG	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	0,48**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA	-0,19ns	-0,70**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NG	-0,52**	-0,92**	0,38**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EA	0,48**	0,73**	-0,20ns	-0,85**	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CPA	-0,02ns	0,33**	-0,28**	-0,28**	0,32**	1	-	-	-	-	-	-	-	-
CR	0,31**	0,37**	-0,44**	-0,24*	0,24*	0,35**	1	-	-	-	-	-	-	-
PSPA	0,01ns	0,53**	-0,31**	-0,52**	0,44**	0,25*	0,11ns	1	-	-	-	-	-	-
PSR	0,01ns	0,39**	-0,14ns	-0,43**	0,30**	-0,10ns	0,06ns	0,82**	1	-	-	-	-	-
AREA	0,29**	0,19ns	-0,07ns	-0,21*	0,13ns	0,08ns	0,18ns	0,32**	0,14ns	1	-	-	-	-
DMAX	0,17ns	0,32**	-0,28**	-0,27*	0,20ns	0,17ns	0,23*	0,46**	0,26*	0,85**	1	-	-	-
DMIN	0,28**	0,07ns	0,13ns	-0,16ns	0,07ns	0,04ns	0,09ns	0,27*	0,15ns	0,90**	0,61**	1	-	-
PERIM	0,08ns	0,26*	-0,21*	-0,22*	0,16ns	0,16ns	-0,05ns	0,40**	0,20ns	0,31**	0,32**	0,18ns	1	-
PMS	0,23*	0,52**	-0,41**	-0,46**	0,38**	0,35**	0,28**	0,69**	0,41**	0,75**	0,81**	0,61**	0,38**	1

CABMV - *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. IVG: Índice de velocidade de germinação. %G – Germinação. %PA - Plântulas anormais. %NG - sementes não germinadas. %EA - Envelhecimento acelerado. CPA - Comprimento de parte aérea (cm). CR - Comprimento de raiz (cm). PSPA – Peso seco da parte aérea (mg). PSR - Peso seco de raiz (mg). PMS – Peso de mil sementes. Os símbolos \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste T, respectivamente, ns: não significativo.

O índice de Pesek e Baker (1969) proporcionou ganhos positivos simultâneos em todas as variáveis estudadas apenas quando se utilizou o critério DPg como peso econômico (Tabela 3). Quando se utilizou o critério  $h^2$ , Iv e PA como peso econômico, este índice proporcionou ganhos negativos para G (-0,18%, -0,68% e -0,58%) e ganhos positivos para PA (28,81%, 40,51% e 43,96%) e NG (9,96%, 12,86% e 8,87%), o que não é interessante para a seleção de genótipos quanto às características de sementes.

No índice de Smith (1939) e Hazel (1943), ao usar o CVg como peso econômico, todas as variáveis estudadas tiveram os ganhos negativos, exceto para PA e NG, no qual proporcionou ganhos positivos e de altas magnitudes. Quando os pesos econômicos utilizados foram  $h^2$ , Iv e PA, todas as variáveis tiveram ganhos positivos (Tabela 3).

O índice de Williams (1962) proporcionou resultados desinteressantes para ganhos genéticos simultâneos em todas as variáveis, quando os pesos econômicos utilizados foram a  $h^2$  e CVg. Quando os pesos econômicos utilizados foram DPg, Iv e PA, proporcionou ganhos positivos para as variáveis.

Embora as estimativas de ganho tenham sido positivas utilizando  $h^2$ , Iv e PA para Smith (1939) e Hazel (1943), e DPg, Iv e PA para o índice de Williams (1962), tornaram-se desinteressantes em comparação aos resultados expressos pelos índices de Mulamba e Mock (1978), que para os mesmos pesos econômicos, houve uma melhor distribuição dos ganhos para as características avaliadas.

A utilização do índice de Mulamba e Mock (1978), com os pesos arbitrários por tentativas (PA) permitiram os melhores ganhos, sobretudo melhor distribuição de ganhos para as variáveis utilizadas. Foram selecionadas as 26 famílias de irmãos completos que apresentaram melhor desempenho físico e fisiológico de sementes para dar continuidade ao ciclo de seleção recorrente, visando resistência ao CABMV e com alto potencial fisiológico de sementes (Tabela 4).

A média das famílias selecionadas para IVG foi de 6,10. Para germinação apresentaram média de 98%, ou seja, quase não apresentaram plântulas anormais (PA) e sementes não germinadas (NG). Quanto ao vigor, representado pelo envelhecimento acelerado (EA), as famílias apresentaram média de 85% de germinação. Quanto ao comprimento da parte aérea (CPA), as famílias apresentaram média de 6,21 cm e comprimento de raiz (CR) de 5,56 cm. Para peso seco de plântulas, as famílias selecionadas apresentaram média de 51,61 mg para peso seco

da parte aérea (PSPA) e 19,30 mg para peso seco de raiz (PSR). Nas variáveis geométricas das sementes, as famílias apresentaram médias de 0,21 cm<sup>2</sup>, 0,65 cm, 0,42 cm e 1,92 cm, para área, diâmetro máximo, diâmetro mínimo e perímetro, respectivamente. Para peso de sementes, as famílias apresentaram média de 25,31 g (Tabela 5).



**Tabela 4.** Estimativas dos ganhos percentuais por seleção simultânea com base em cinco critérios de pesos econômicos para 14 variáveis de sementes de irmãos completos de maracujazeiro sob seleção recorrente para resistência ao CABMV

%GS										
Variável	Mulamba e Mock (1978)					Pesek e Baker (1969)				
	h <sup>2</sup>	CVg	DPg	Iv	PA	h <sup>2</sup>	CVg	DPg	Iv	PA
IVG	7,7	4,2	4,87	5,51	8,09	-0,1	3,73	3,16	0,08	0,56
G	5,62	7,46	7,18	4,88	6,72	-0,18	2,19	0,75	-0,68	-0,58
PA	-40,05	-72,41	-56,57	-24,21	-59,32	28,81	6,09	-17,32	40,51	43,96
NG	-60,35	-77,02	-80,28	-55,28	-70,5	9,96	-21,93	-55,64	12,86	8,87
EA	7,97	8,29	12,28	6,91	9,02	-0,56	1,64	4,05	-0,98	-0,31
CPA	6,02	4,92	6,93	4,64	7,66	0,4	1,19	2,73	-0,16	0,7
CR	9,58	5,89	6,7	3,68	10,45	-0,72	0,09	2,76	-1,07	-0,18
PSPA	11,89	11,27	10,75	11,47	10,89	-0,32	1,73	3,37	-2,57	-0,44
PSR	14,74	14,85	12,49	12,44	10,29	0,1	4,98	7,13	-4,57	0,58
ÁREA	6,38	1,19	1,01	8,24	4,57	4,95	3,42	0,31	5,59	5,64
DMÁX	3,56	1,47	0,58	4,58	2,7	1,56	0,88	1,2	1,7	1,74
DMÍN	2,9	-0,15	0,4	3,72	1,81	2,1	0,96	0,3	2,85	2,63
PERÍM	3,58	2,39	2,11	4,27	2,67	0,53	-0,39	3,83	0,48	0,77
PMS	10,34	6,02	6,12	11,85	8,88	-0,43	1,52	2,53	-0,74	0,24

%GS										
Variável	Smith (1939) e Hazel (1943)					Willians (1962)				
	h <sup>2</sup>	CVg	DPg	Iv	PA	h <sup>2</sup>	CVg	DPg	Iv	PA
IVG	1,98	-9,9	0,94	0,3	4,69	-9,19	-5,82	3,39	0,3	5,09
G	5,99	-11,94	5,89	5,71	6,8	-10,04	-8,32	6,27	5,71	6,57
PA	-37,98	116,94	-25,59	-37,29	-51,75	40,51	117,63	-41,42	-37,29	-46,93
NG	-68,32	106	-73,04	-63,61	-75,93	111,07	111,8	-71,59	-63,61	-74,12
EA	10,35	-10,81	12,67	8,47	13,38	-17,12	-7,14	13,81	8,47	13,93
CPA	4,67	-7,05	6,35	4,06	6,28	-6,4	-3,49	5,15	4,06	5,98
CR	4,46	-10,18	2,85	2,04	6,46	-6,48	-6,31	4,09	2,04	5,38
PSPA	15,57	-7,49	14,06	16,95	10,85	-16,43	-3,61	11,65	16,95	10,04
PSR	24,4	-7,14	16,51	28,1	12,7	-24,68	-3,5	13,99	28,1	12,49
ÁREA	1,05	-2,66	0,87	0,73	1,24	-3,31	-1,31	1,79	0,73	1,47
DMÁX	1,03	-2,21	1,01	1,19	0,97	-2,71	-1,71	1,23	1,19	1,07
DMÍN	0,69	-0,79	0,37	0,37	0,42	-1,36	0,03	0,74	0,37	0,58
PERÍM	3,63	-1,09	1,89	4,01	1,83	-3,79	-0,37	2,09	4,01	1,9
PMS	6,74	-7,28	6,56	6,66	6,15	-9,09	-5,51	6,4	6,66	5,57

CABMV - *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. h<sup>2</sup> – Herdabilidade. CVg – coeficiente de variação genético. DPg – Desvio padrão genético. Iv – índice de variação. PA – Pesos arbitrários por tentativas (80, 100, 30, 30, 80, 50, 50, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 50), respectivamente para: IVG – Índice de velocidade de germinação. %G – Germinação. %PA - Plântulas anormais. %NG - sementes não germinadas. %EA - Envelhecimento acelerado. CPA - Comprimento de parte aérea (cm). CR - Comprimento de raiz (cm). PSPA – Peso seco da parte aérea (mg). PSR - Peso seco de raiz (mg). PMS – Peso de mil sementes.

**Tabela 5.** Média das 26 famílias selecionadas, com base nas características físicas e fisiológicas das sementes, para compor o próximo ciclo de seleção recorrente visando resistência ao CABMV

Tratamentos	IVG	G						PA		NG		EA		CPA		CR		PSPA		PSR		ÁREA		DMÁX		DMÍN		PERÍM		PMS	
		G (%)						PA		NG (%)		EA (%)		CPA (cm plântula <sup>-1</sup> )		CR (%)		PSPA (mg plântula <sup>-1</sup> )		PSR (mg plântula <sup>-1</sup> )		ÁREA (cm <sup>2</sup> )		DMÁX (cm)		DMÍN (cm)		PERÍM (cm)		PMS (g)	
2	5,69	d	98	a	1,5	a	0,5	B	86	a	6	c	5,67	b	56,5	b	24,75	c	0,21	d	0,67	c	0,42	e	1,9	f	25,6	f			
3	6,42	c	96	b	0,5	b	3,5	A	71,5	b	6,09	c	6,37	a	49	d	15,5	g	0,24	a	0,73	a	0,44	c	2,02	c	28,28	a			
9	4,65	f	99	a	0,5	b	0,5	B	98,5	a	7,53	a	6,16	a	56,5	b	20,5	e	0,21	d	0,64	e	0,41	g	1,99	d	27,45	b			
11	6,29	c	99,5	a	0	b	0,5	b	85,5	a	6,69	b	6,05	a	44,25	e	14,25	h	0,19	f	0,62	g	0,4	h	1,77	i	22,03	l			
21	5,58	d	99	a	0,5	b	0,5	b	81	b	5,85	c	5,67	b	52,25	c	17,25	f	0,2	e	0,64	f	0,41	f	1,83	h	24,55	g			
23	6,77	b	96,5	b	2	a	1,5	b	95,5	a	7,4	a	5,68	b	56,25	b	18,75	f	0,23	b	0,65	e	0,46	a	1,93	e	27,08	c			
28	5,56	d	99,5	a	0	b	0,5	b	84,5	b	6,2	c	4,8	c	54,25	c	17,5	f	0,21	d	0,64	f	0,42	e	2,45	a	26,03	e			
30	6,87	b	97	b	3	a	0	b	93,5	a	6,55	b	6,01	a	45	e	17	f	0,2	e	0,61	h	0,42	e	1,82	h	23,18	k			
31	6,49	c	96,5	b	1,5	a	2	a	76,5	b	5,83	c	5,53	b	42,5	e	15,75	g	0,22	c	0,67	c	0,42	e	1,92	e	25,63	f			
33	6,85	b	97	b	1	b	2	a	81,5	b	5,42	d	5,22	b	49,5	d	22	d	0,23	b	0,67	d	0,44	d	2,14	b	25,98	e			
36	6,26	c	99,5	a	0	b	0,5	b	87,5	a	6,89	b	5,81	b	53,25	c	15,75	g	0,19	f	0,62	h	0,39	i	2,16	b	23,88	i			
38	6,03	c	97,5	b	2	a	0,5	b	88,5	a	6,72	b	6,49	a	46,5	e	17,25	f	0,2	e	0,62	g	0,42	f	1,83	h	24,15	h			
45	6,61	b	99	a	0	b	1	b	83,5	b	6,15	c	5,33	b	46,75	e	16	g	0,2	e	0,63	g	0,41	f	1,81	h	24,13	h			
49	6,25	c	96	b	0	b	4	a	73,5	b	6,03	c	5,71	b	54,5	c	22,5	d	0,23	b	0,7	b	0,43	d	1,97	d	26,83	c			
50	5,11	e	98,5	a	0	b	1,5	b	94	a	6,32	c	6,02	a	58	b	23,25	d	0,21	d	0,65	e	0,42	e	1,85	g	26,9	c			
51	6,02	c	97	b	0,5	b	2,5	a	82	b	5,15	d	4,72	c	64	a	30,75	a	0,22	c	0,66	d	0,43	d	1,89	f	27,43	b			
52	5,43	d	100	a	0	b	0	b	86,5	a	6,95	b	5,59	b	54,75	c	17,25	f	0,21	d	0,67	d	0,42	e	1,86	g	25,83	f			
54	6,78	b	94	b	2	a	4	a	80	b	5,59	d	5,67	b	48,75	d	18	f	0,23	b	0,68	c	0,45	b	1,93	e	26,48	d			
55	6,47	c	98,5	a	1	b	0,5	b	75	b	6,12	c	4,75	c	48,75	d	20	e	0,21	d	0,64	f	0,42	e	1,85	g	24,48	g			
58	6,2	c	99,5	a	0	b	0,5	b	89,5	a	6,17	c	4,12	d	48,25	d	13,75	h	0,23	c	0,66	d	0,43	d	1,93	e	26,23	d			
60	6,16	c	98	a	1	b	1	b	88,5	a	4,59	e	5,58	b	54,25	c	24,75	c	0,2	e	0,65	e	0,4	h	1,85	g	24,15	h			
62	5,58	d	98,5	a	1,5	a	0	b	84	b	5,77	c	5,44	b	54	c	28,25	b	0,2	e	0,65	e	0,41	g	1,82	h	23,53	j			
63	5,85	D	99	a	0,5	b	0,5	b	89,5	a	6,91	b	6,13	a	58,25	b	21,75	d	0,23	b	0,67	c	0,44	c	1,94	e	25,48	f			
64	7,25	a	95	b	1	b	4	a	80,5	b	5,62	d	5,71	b	50	d	18	f	0,23	b	0,67	d	0,44	c	1,94	e	24,45	g			

Tabela 5,

68	4,98 e	100 a	0 b	0 b	94 a	6,67 b	4,24 d	51 d	18 f	0,19 f	0,64 f	0,41 g	1,81 h	23,83 i
88	6,25 c	100 a	0 b	0 b	76,5 b	6,26 c	6,2 a	45 e	13,5 h	0,2 e	0,64 f	0,41 h	1,82 h	24,65 g
Média original	5,67	92,43	2,48	5,08	78,22	5,80	5,04	46,95	17,71	0,203	0,635	0,415	1,876	23,32
Média selecionadas	6,09	98	0,77	1,23	84,88	6,21	5,56	51,62	19,31	0,212	0,653	0,422	1,924	25,32

CABMV – *Cowpea aphid-borne mosaic virus*. IVG – Índice de velocidade de germinação. %G – Germinação. %PA - Plântulas anormais. %NG - sementes não germinadas. %EA - Envelhecimento acelerado. CPA - Comprimento de parte aérea (cm). CR - Comprimento de raiz (cm). PSPA – Peso seco da parte aérea (mg). PSR - Peso seco de raiz (mg). PMS – Peso de mil sementes. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## DISCUSSÃO

No desenvolvimento de novas cultivares com resistência e bons atributos agrônômicos, os melhoristas devem levar em consideração as variáveis relacionadas à semente, visto que estas são consideradas o principal insumo de uma lavoura e que o uso de materiais de alto vigor proporciona um melhor potencial de produção (Torres et al., 2019; Machado et al., 2020).

Visto isso, o conhecimento sobre as estimativas dos parâmetros genéticos e a presença da variabilidade para caracteres relacionadas à qualidade fisiológica das sementes é importante no melhoramento genético, pois orienta os pesquisadores na definição das estratégias de seleção para obtenção de cultivares com alto vigor de sementes e, conseqüentemente, um bom desempenho agrônômico (Cruz et al., 2014).

Quando à variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ) expressa valores significativos e diferentes de zero, indica a existência de variabilidade genética na população. Também é desejável que os valores de variância ambiental ( $\sigma^2_e$ ) sejam baixos para que a seleção de progênies superiores possa ser maximizada (Lima et al., 2018).

Para as características de maior importância para sementes de maracujá, IVG, G, EA, CPA, CR, PSPA, PSR e PMS, elevadas estimativas de herdabilidade (acima de 92%) foram obtidas no presente estudo, o que refletem uma situação favorável à seleção. Resultados semelhantes de herdabilidade foram observados para peso de 100 sementes, índice de velocidade de emergência; comprimento da raiz e massa seca de mudas, para sementes de híbridos de maracujá azedo (Cremasco et al., 2021); para matéria seca de plântulas, comprimento de raiz e peso de mil sementes, em sementes de famílias  $S_2$  de goiaba (Silva et al., 2021); para a germinação, classificação do vigor de plântulas, envelhecimento acelerado e teste de emergência de plântulas em campo e massa de matéria seca de plântulas, em linhagens avançadas de soja (Martins et al., 2016); e para o teste de primeira contagem, germinação e envelhecimento acelerado, para sementes de meios-irmãos de cenoura (Martins et al., 2014).

O índice de variação ( $I_v$ ) avalia o quanto da variância ambiental predomina sobre a variância genética. Quando maior ou igual à unidade, esse índice indica que o componente genético é pouco influenciado pelo ambiente (Cavalcante et al., 2012).

Os resultados obtidos no presente estudo foram superiores à unidade, revelando pouca influência ambiental, o que levou a obtenção de maiores estimativas de herdabilidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Martins et al. (2016) e Silva et al. (2021), em que os altos valores de herdabilidade encontrados para características de sementes, contribuiu para os bons índices de variação.

Os parâmetros genéticos estimados, variância genética, herdabilidade e índice de variação, indicam uma situação favorável para a seleção quanto ao potencial germinativo das famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente do maracujazeiro para resistência ao CABMV. Os resultados permitem afirmar que a seleção será eficiente, principalmente quando realizada sob as variáveis germinação e envelhecimento acelerado, visto que estes exibiram altas estimativas para os parâmetros citados acima.

No entanto, o conhecimento a respeito do grau de associação entre as variáveis, se faz importante e pode ser fundamental quando há o interesse na seleção de múltiplos caracteres, ou quando a herdabilidade de um caractere desejável é baixa (Cruz et al, 2014; Borém e Miranda, 2013).

Correlações fortes e positivas foram observadas entre as variáveis %G com EA, PSPA e PMS; entre PMS com PSPA, Área e DMín e entre Área com DMáx e DMín. Correlações positivas entre germinação e testes de vigor (primeira contagem e envelhecimento acelerado) também foram encontradas no trabalho de Martins et al. (2014), avaliando sementes de meios-irmãos de cenoura tipo Brasília.

Considerando que a correlação genotípica é a parte herdável da correlação fenotípica entre duas características (Oliveira et al., 2010), os resultados do presente estudo possibilitam, com certa cautela, fazer uso da seleção indireta para germinação e peso seco da parte aérea de plântulas, com base na seleção para peso de mil sementes.

Ainda no presente estudo, as famílias que apresentaram área e diâmetro de sementes alcançaram maior peso de sementes e percentuais de plântulas normais, indicando que essas características geométricas influenciam a qualidade fisiológica das sementes. Com base nessas correlações, é possível afirmar que o uso do equipamento *GroundEye*® para avaliação das características geométricas das sementes proporcionaria ganhos de seleção por meio de respostas indiretas para sementes mais pesadas/maiores. Esses resultados corroboram os encontrados por Silva et al. (2021), em que o peso de sementes de goiaba está fortemente

correlacionado às medidas de área e comprimento das sementes e, além disso, os autores concluíram que ganhos genéticos podem ser obtidos por meio de respostas correlacionadas usando variáveis do tamanho de sementes.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), as sementes de maior tamanho apresentam embriões bem formados, com maiores quantidades de reservas, sendo potencialmente as mais vigorosas, o que aumenta a probabilidade de sucesso no estabelecimento da plântula do estande de produção.

No que se refere ao ganho genético, observou-se que os índices de seleção utilizados no estudo proporcionaram diferentes predições, de acordo com os pesos econômicos utilizados (Tabela 4).

Para o índice de Pesek e Baker (PB), quando se utilizou o critério  $h^2$ ,  $I_v$  e PA, proporcionou ganhos negativos para G e ganhos positivos para PA e NG. Ao utilizar o critério DPg, proporcionou ganhos positivos simultâneos em todas as variáveis estudadas. Já no índice de Smith e Hazel (SH), ao usar o CVg como peso econômico, todas as variáveis estudadas tiveram os ganhos negativos, exceto PA e NG (Tabela 4). O mesmo foi observado por Silva e Viana (2012), em que o índice de seleção de PB, utilizando  $h^2$ ,  $I_v$  e PA permitiu ganhos equilibrados e positivos para número total de frutos, produção total de frutos e peso médio de frutos, características de produção de irmãos completos de maracujazeiro. Já com o índice de SH, o peso econômico CVg proporcionou ganho negativo para peso médio de frutos.

O índice de Williams estimou ganhos genéticos negativos em todas as variáveis estudadas, exceto PA e NG, quando os pesos econômicos utilizados foram a  $h^2$  e CVg (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2007), avaliando população de milho pipoca UNB-2U sob seleção recorrente, onde o índice de Williams proporcionou resultados desinteressantes para ganhos genéticos simultâneos nas variáveis capacidade de expansão e produção de grãos, utilizando o CVg. Ao contrário, Dalbosco et al. (2018), ao utilizarem  $h^2$  e CVg, observaram maior ganho para número de frutos em progênies de maracujazeiro-azedo.

O índice de seleção de Mulamba e Mock (MM) proporcionou a melhor distribuição de ganhos preditos para as características em estudo, utilizando os pesos atribuídos por tentativas (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2018), em que o índice de MM com base nos pesos atribuídos por tentativas foi o método mais adequado para a seleção de 40 famílias de irmãos completos de milho-pipoca.

A utilização do índice de Mulamba e Mock tem sido eficiente na predição dos ganhos genéticos em maracujazeiro (Gonçalves et al., 2007; Neves et al., 2011; Krause et al., 2012; Dalbosco et al., 2018).

Gonçalves et al. (2007) obtiveram a melhor predição de ganhos utilizando o índice de MM, em uma população de maracujá amarelo. Para Neves et al. (2011), o índice MM forneceu ganhos genéticos totais satisfatórios, com base nas análises genotípica e fenotípica para seleção simultânea em maracujá-azedo. Krause et al. (2012) observaram ganhos genéticos positivos nas características agrônômicas avaliadas em progênies intrapopulacional de maracujá-azedo utilizando o índice de seleção MM. Dalbosco et al. (2018) compararam índices paramétricos e não paramétricos na seleção de progênies de maracujazeiro-azedo e observaram superioridade para o índice de Mulamba e Mock. No entanto, vale ressaltar que as avaliações presentes neste estudo são relacionadas às variáveis de sementes e todos os autores citados trabalharam com características da planta.

Cavalcante et al. (2018) avaliaram uma população de maracujazeiro submetida ao terceiro ciclo de seleção recorrente intrapopulacional e concluíram que o índice de seleção é uma estratégia recomendada para ganhos consecutivos na qualidade dos frutos e nas características de produção.

Entre as 86 famílias avaliadas para qualidade de sementes, as 26 famílias selecionadas foram aquelas que apresentaram maior porcentagem de germinação, juntamente com as melhores características de vigor, tamanho e peso de sementes. Assim, entre os índices testados para seleção de famílias superiores para qualidade de sementes, o índice de Mulamba e Mock foi o mais favorável para realizar a seleção simultânea de famílias no presente trabalho. Esse índice proporcionou as melhores estimativas e melhor distribuição de ganhos de seleção por variável avaliada.

## **CONCLUSÃO**

Os parâmetros genéticos estimados indicam a existência de alta variabilidade genética entre as famílias de irmãos completos de maracujazeiro, o qual permite a seleção de melhores famílias, com o objetivo de se aumentar a frequência dos alelos favoráveis da população.

As correlações genóticas mais relevantes foram as relacionadas a germinação, envelhecimento acelerado, peso seco da parte aérea, área e peso de mil sementes, que se mostraram altas positivas, sendo as mais eficientes e favoráveis a seleção indireta.

Com base nas características físicas e fisiológicas de sementes, foram selecionadas as melhores 26 famílias que darão origem à população melhorada.

O índice de Mulamba e Mock proporcionou a melhor distribuição de ganhos genéticos para as características de sementes, utilizando os pesos arbitrários por tentativa, portanto, é o procedimento mais indicado na seleção das famílias superiores para constituírem o segundo ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic vírus*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, R. S., Junior, A. W., Negreiros, J. R. S., Parizzoto, A., Bruckner, C. H. (2004) Germinação de sementes de genótipos de maracujazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 23(12):1239-1245.
- Borém, A., Miranda, G. G. (2013) Melhoramento de plantas, 6ª ed. Editora UFV, Viçosa – MG, 523p.
- Brasil. (2009) Regras Para Análise De Sementes – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 395p.
- Buratto, J. S., Fernandes, C. H. D. S., Rosa, J. C. G., Vanzo, A. T. D. F., Caviglione, J. H. (2021) Use of quantitative colorimetry and visual evaluation for color characterization of triticale seeds after phenol reaction. *Journal of Seed Science*, 43:e202143008.
- Carvalho, N. M., Nakagawa, J. (2012) Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5 ed. Jaboticabal: Funep, 590p.
- Cavalcante, M., Lira, M. D. A., Santos, M. V. F. D., Pita, E. B. A. F., Ferreira, R. L. C., Tabosa, J. N. (2012). Coeficiente de repetibilidade e parâmetros genéticos em capim-elefante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(4):569-575.
- Cavalcante, N. R., Viana, A. P., Almeida Filho, J. E., Pereira, M. G., Ambrósio, M., Santos, E. A., Ribeiro, R. M., Rodrigues, D. L., Sousa, C. M. B. (2019). Novel selection strategy for half-sib families of sour passion fruit *Passiflora edulis*



- (Passifloraceae) under recurrent selection. *Genetics and Molecular Research*, 18(2):1-12.
- Cavalcante, N. R., Viana, A. P., Santos, P. R., Preisigke, S. C., Ribeiro, R. M., Tofanelli, E. J. (2018) Associations among production and physicochemical quality fruit traits in Passion fruit populations subjected to three cycles of intrapopulation recurrent selection. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(5):e-013.
- Cremaço, J. P. G., Rosado, L. D. S., Borges, L. L., Bruckner, C. H., Cruz, C. D., Santos, C. E. (2021) Design I of Comstock and Robinson in the Emergence and Vigor of Sour Passion Fruit Seedlings. *International Journal of Fruit Science*, 21(1):492-49.
- Cruz, C. D. (2016). Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum Agronomy*, 38:547-552.
- Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S., Regazzi, A. J. (2014). Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético Vol. 2. Viçosa: UFV. 668p.
- Dalbosco, E. Z., Krause, W., Neves, L. G., Araújo, D. V. D., Hiega, K. M. R., Silva, C. G. D. (2018) Parametric and non-parametric indexes applied in the selection of sour passion fruit progenies. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40:1-8.
- Dalbosco, E.Z., Krause, W., Neves, L.G., Araújo, D.V. de, Hiega, K.M.R., Silva, C.G. da. (2018). Parametric and non-parametric indexes applied in the selection of sour passion fruit progenies. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(1):282.
- Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Jesus, O.N., Costa, A.M., Machado, C.F., Junqueira, K.P., Araújo, F.P., Junghans, T.G. (2017). Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. In: Junghans, T.G., Jesus, O.N. Maracujá: do cultivo à comercialização. Brasília, DF: Embrapa, 15-37.
- Gonçalves Júnior, D.H. (2019) Prospecção dentro de famílias de retrocruzamento em *Passiflora*: implicações para o melhoramento visando resistência ao CABMV. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro. 80p.
- Gonçalves, D. H., Viana, A. P., Santos, E. A., da Costa Preisigke, S., Vidal, R. F., Cavalcante, N. R. (2021) Prospecting on *Passiflora* backcross families: implications for breeding aiming at CABMV resistance. *Euphytica*, 217(4):1-13.
- Gonçalves, G. M., Viana, A. P., Bezerra Neto, F. V., Pereira, M. G., Pereira, T. N. S. (2007) Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:193-198.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics, Austin*, 28:476-490.
- Kist, B. B., Santos, C. D., Carvalho, C. D., Beling, R. R. (2019) Anuário brasileiro de horti e fruti 2019. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 96p.

- Krause, W., Souza, R. S. D., Neves, L. G., Carvalho, M. L. D. S., Viana, A. P., Faleiro, F. G. (2012) Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(1):51-57.
- Krause, W., Viana, A. P., Cavalcante, N. R., Ambrósio, M., Santos, E. A., Vieira, H. D. (2017) Digital phenotyping for quantification of genetic diversity in inbred guava (*Psidium guajava*) families. *Genetic and Molecular Research*, 16(1):gmr16019474.
- Lima, J. A. A., Nascimento, A. K. Q., Maia, L. M., Rabelo Filho, F. A. C. (2018) Biotypes of Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus in Brazil. In: Gaur, R. K., Khurana, S. P., Dorokhov, Y (Eds). *Plant Viruses: Diversity, Interaction and Management*. CRC Press., 27-40.
- Machado, F. R., Possenti, J. C., Fano, A., de Souza Vismara, E., & Deuner, C. (2020). Desempenho de sementes de soja em função da época de aplicação de diferentes adubos foliares. *Vivências*, 16(31):107-122.
- Maguire J. D. (1962) Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2:176–177.
- Marcos-Filho, J. (2015) *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 600p.
- Martins, C. C., Silva, N., Machado, C. G. (2014) Testes para a seleção de populações de cenoura visando ao vigor e à longevidade das sementes. *Ciência Rural*, 44(5):768-775.
- Martins, C. C., Unêda-Trevisoli, S. H., Môro, G. V., Vieira, R. D. (2016) Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. *Revista Ciência Agrônômica*, 47:455-461.
- Meletti, L. M. M. (2011) Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 83-91.
- Meletti, L. M. M., Cavichioli, J. C., Pacheco, C.A. (2012) Cultivares e produção de mudas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 33(269):35-42.
- Milward-de-Azevedo, M. A. (2018) Histórico de *Passiflora* L. com enfoque no subgênero *Decaloba* (DC.) RCHB. (*Passifloraceae sensu stricto*). *Diversidade e Gestão*, 36-45.
- Mulamba, N.N.; Mock, J.J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt Journal of Genetics and Cytology*, Alexandria, 7:40-51.
- Neves, L. G., Bruckner, C. H., Cruz, C. D., Viana, A. P., Barelli, M. A. A. (2011) Gain prediction with different selection index for yellow passion fruit characterization. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:1322-1330.
- Oliveira, E. J. D., Santos, V. D. S., Lima, D. S. D., Machado, M. D., Lucena, R. S., Motta, T. B. N. (2011) Estimativas de correlações genotípicas e fenotípicas em germoplasma de maracujazeiro. *Bragantia*, 70:255-261.

- Pesek, J.; Baker, R.J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Sciences*, Ottawa, 215-274.
- Rocha, M.M. (2003) Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. *Revista Científica Rural*, 8(1):35-141.
- Santos, E.A., Viana, A.P., Freitas, J.C.O., Rodrigues, D.L., Tavares, R.F., Paiva, C.L., Souza, M.M. (2015) Genotype selection by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora* spp. crossing. *Euphytica*. 204:1-11.
- Santos, F. S., Amaral Júnior, A. T. D., Freitas Júnior, S. D. P., Rangel, R. M., Pereira, M. G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, 66:389-396.
- Silva, C. C. A. D., Vieira, H. D., Viana, A. P., Maitan, M. Q., Santos, E. A. (2021) Phenomics approaches: genetic diversity and variance components in a S2 guava family by seed traits. *Bragantia*, 80:e3721.
- Silva, M. G. D. M., Viana, A. P. (2012) Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2):525-531.
- Silva, S.M., R.C.D. Oliveira, R.F.D. Almeida, A.D. Sá, C.M.D. Santos. (2015) Aryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. *Journal of Seed Science*, 37:125-130
- Smith, H.F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, London, 7:240-250.
- Souto, A. G. L., Cremasco, J. P. G., Maitan, M. Q., Azevedo, J. L. F., Ribeiro, M. R., Santos, C. E. M. (2017). Seed germination and vigor of passion fruit hybrids. *Comunicata Scientiae* 8(1):134-138.
- Torres, G. X., Viana, A. P., Duarte Vieira, H., Rodrigues, D. L., Santos, V. O. (2019) Contribution of seed traits to the genetic diversity of a segregating population of *Passiflora* spp. *Chilean journal of agricultural research*, 79(2):288-295.
- Viana, A. P., Silva, F. H. L., Gonçalves, G. M., Silva, M. G. M., Ferreira, R. F., Pereira, T. N. S., Pereira, M. G., Amaral Júnior, A. T., Carvalho, G. F. (2016) UENF Rio Dourado: a new passion fruit cultivar with high yield potential. *Crop Breed and Applied Biotechnology*, 16:250-253.
- Vidal, R. F., Viana, A. P., Preisigke, S. D. C., Cavalcante, N. R., Júnior, D. H., Mendes, D. S. (2021) Evaluation of resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus in passion fruit backcrosses for recurrent selection and development of resistant cultivars. *Gene Conserve*, 20(78):1-15.
- Williams, J.S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, North Carolina, 18:375-393.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo identificar genótipos superiores para qualidade de sementes de maracujazeiro, sob seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, composto por 86 famílias de irmãos completos do primeiro ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*, e duas testemunhas, *Passiflora edulis* e *Passiflora setacea*.

No primeiro trabalho foram utilizadas 19 características físicas e fisiológicas de sementes, no segundo trabalho foram avaliadas 14 características. Foram avaliadas as características físicas de peso de mil sementes e análise digital das sementes (cor e geometria), com o auxílio do equipamento *GroundEye®*, e características fisiológicas (porcentagem de germinação, de plântulas anormais e sementes não germinadas, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e raiz das plântulas, peso seco da parte aérea e raiz das plântulas e envelhecimento acelerado).

No primeiro trabalho foi avaliado o potencial germinativo das sementes e estimadas as dissimilaridades entre as famílias, pela distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), realizado o agrupamento pelo método UPGMA, estudada a contribuição relativa das variáveis pelo método de Singh. As famílias apresentaram elevado potencial germinativo e vigor, bem como divergência genética para atributos relacionados à qualidade física e fisiológica de sementes. Houve a

formação de quatro grupos divergentes pelo método UPGMA, sendo a variável peso de mil sementes a que mais contribuiu para explicar a dissimilaridade entre as famílias.

No segundo trabalho, foram estimados os parâmetros genéticos e a correlação genotípica, as predições dos ganhos por seleção foram obtidas pelos índices de Mulamba e Mock, Smith e Hazel, Pesek e Baker, e de Williams, utilizando diferentes pesos econômicos. Os parâmetros genéticos indicaram a existência de variabilidade genética entre as famílias de irmãos completos de maracujazeiro. Foram observadas correlações altas positivas entre as variáveis estudadas. Foram selecionadas as melhores 26 famílias com base nas características física e fisiológica de sementes, que darão origem à população. O índice de Mulamba e Mock proporcionou a melhor distribuição de ganhos preditos para as características em estudo, utilizando os pesos arbitrários por tentativa.

As características fisiológicas da semente e as características de cor e geometria fornecidas pelo *GroundEye*® foram eficientes para determinar a divergência entre as famílias.

O índice de Mulamba e Mock proporcionou a melhor distribuição de ganhos genéticos para as características de sementes, utilizando os pesos arbitrários por tentativas, sendo indicado na seleção das famílias superiores para constituírem o segundo ciclo de seleção recorrente para resistência ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, A. J., Vieira, H. D. (2020) Digital image processing of coated perennial-soybean seeds and correlation with physiological attributes. *Journal of Seed Science*, 42:1-12.
- Alexandre, R. S., Junior, A. W., Negreiros, J. R. S., Parizzoto, A., Bruckner, C. H. (2004) Germinação de sementes de genótipos de maracujazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 23(12):1239-1245.
- Andrade, D. B., Oliveira A. S., Oliveira C. A. R. M., Silva M. A. S. (2016) Detection of green seeds in soybean lots by the seed analysis system (sas). *International Journal of Current Research*, 8(2):26462-26465.
- Andriazzi, C. V. G., Rocha, D. K., de Souza, I. C. P., Bichuette, S. A. (2020) Evaluation of physiological quality of Corn seeds by GroundEye L800® system. *Revista Agro@mbiente On-line*, 14.
- Araujo, E. C., Silva, R. F., Barroso, D. G., Carvalho, A. J. C. (2009) Efeito do armazenamento e do progenitor masculino sobre a qualidade e micromorfologia de sementes de maracujá. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(4):110-119.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA) (1983) Seed vigor testing handbook. 88p. (Contribution N° 32 to the Handbook on Seed Testing).
- Barbosa, R. M., da Costa, D. S., de Sá, M. E. (2011) Accelerated aging of oleraceous species seeds. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(3):328-335.
- Battistus, A. G., Fuchs, F., Sousa, R. F. B., Malavasi, M. M., Dranski, J. A. L., Rampim, L., Bulegon, L. G., Guimarães, V. F., Moranza, T. M., Muller, M. A., Lima, P. R. (2014) Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *African Journal of Agricultural Research*. 9(40):3018-3024.

- BFG - The Brazil Flora Group (2018) Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia*, 1513-1527.
- Borém, A., Miranda, G. G. (2013) Melhoria de plantas, 6ª ed. Editora UFV, Viçosa – MG, 523p.
- Borém, A., Miranda, G. V., Fritsche Neto, R. (2017) Melhoria de Plantas. 7 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 543p.
- Borges, K. F., Lorenzoni, R. M., Fontes, M. M. P., Milward-de-Azevedo, M. A. (2020) A família Passifloraceae sensu stricto do Espírito Santo, Brasil. *Rodriguésia*, 71:e03212018.
- Borges, K. F., Milward-de-Azevedo, M. A. (2017) Passifloraceae sensu stricto do Parque Estadual Cachoeira da Fumaça, Espírito Santo, Brasil. *Rodriguésia*, 68(5):1939-1949.
- Brasil. (2009) Regras Para Análise De Sementes – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária- Brasília: Mapa/ACS, 395p.
- Bruckner, C.H.; Casali, V.W.D.; Moraes, C.F. de; Regazzi, A.J.; Silva, E.A.M. da. (1995) Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Acta Horticulturae*, 370:45-57.
- Câmara, T. M. M., Bento, D. A. V. Alves, G. F., Santos, M. F., Moreira, J. U. V., Souza Júnior, C. L. (2007) Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. *Bragantia*, 66(4):595-603.
- Cardoso, D. L., Silva, R. F., Pereira, M. G., Viana, A. P. (2009) Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. *Revista Ceres*, 56(5):572–579.
- Carvalho, N. M., Nakagawa, J. (2012) Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5 ed. Jaboticabal: Funep, 590p.
- Cerqueira-Silva, C.B.M., Jesus, O.N., Santos, E.S.L., Corrêa, R.X., Souza, A.P. (2014) Genetic breeding and diversity of the genus *Passiflora*: progress and perspectives in molecular and genetic studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(8):14122-14152.
- Cervi, A. C., Rodrigues, W. A. (2010) Nomenclatural and taxonomic review of Passifloraceae species illustrated and described by Vellozo in Flora Fluminensis. *Acta Botanica Brasílica*. 24(4):1109- 1111.
- Cordeiro, A. C. C., Rangel, P. H. N. (2012) Avaliação de populações de arroz irrigado conduzidas por seleção recorrente em várzea de Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*, 5(3):182-187.
- Cordeiro, A. C. C., Soares, A. A., Ramalho, M. A. P., Rangel, P. H. N. (2003) Effect of the number of intercrosses on grain yield in basic rice synthetic populations. *Euphytica*, 132(1):79-86.

- Costa, E. C. S., Nunes, T. S., Melo, J. I. M. D. (2015) Flora of Paraíba state, Brazil: Passifloraceae sensu stricto. *Rodriguésia*, 66:271-284.
- Cremasco, J. P. G., Rosado, L. D. S., Borges, L. L., Bruckner, C. H., Cruz, C. D., Santos, C. E. (2021) Design I of Comstock and Robinson in the Emergence and Vigor of Sour Passion Fruit Seedlings. *International Journal of Fruit Science*, 21(1):492-49.
- Cruz, C. D. (1990) Aplicação de algumas técnicas multivariada no melhoramento de plantas. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 188 p.
- Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S. (2003) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, v.2. 585p.
- Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S., Regazzi, A. J. (2014). Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético Vol. 2. Viçosa: UFV.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., Carneiro, P. C. S. (2012) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 514 p.
- Degiani, N. B. (2001) Las espécies argentinas del género *Passiflora* (Passifloraceae). *Darwiniana*, 43- 129.
- Di Piero, R. M., Rezende, J. A., Yuki, V. A., Pascholati, S. F., Delfino, M. A. (2006). Transmissão do Passion fruit woodiness virus por *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) e colonização de maracujazeiro pelo vetor. *Neotropical Entomology*, 35(1):139-140.
- Fachi, L. R., Krause, W., Vieira, H. D., Araújo, D. V., Luz, P. B., Viana, A. P. (2019) Digital image analysis to quantify genetic divergence in passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds. *Genetics and Molecular Research*, 18(3):gmr18331.
- Falconer, D. S. (1993) Introduction to quantitative genetics. 3ed. London: *Longman Group*, 438p.
- Faleiro, F. G., Junqueira, N. T. V., De Jesus, O. N., Cenci, S. A., Machado, R. C. C., Rosa, R. C. C., Costa, A. M., Junqueira, K. P., Junghans, T. G. (2020) Maracujá: *Passiflora edulis* Sims. In: Carlosama, A. R., Faleiro, F. G., Morera, M. P., Costa, A. M. Pasifloras: especies cultivadas en el mundo. Brasília, DF: ProImpress, 15-28.
- Faleiro, F.G., Junqueira, N.T.V., Jesus, O.N., Costa, A.M., Machado, C.F., Junqueira, K.P., Araújo, F.P., Junghans, T.G. (2017). Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. In: Junghans, T.G., Jesus, O.N. Maracujá: do cultivo à comercialização. Brasília, DF: Embrapa, 15-37.
- Ferreira, A. F. N., Krause, W., Faleiro, A. C., Miranda, A. F., Acha, A. J. (2018) Seleção de descritores de sementes de Macarujazeiro azedo utilizando fenotipagem digital. *Agrarian Academy*, 5(10):181-190.



- Ferreira, V. R.; Souza, P. M.; Ponciano, N. J.; Carvalho, A. J. C. (2003) A fruticultura como alternativa para a produção familiar no âmbito do Pronaf nos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana, RJ. *Revista Brasileira Fruticultura*, 25(3):436-439.
- Fischer, I. H., Rezende, J. A. (2008) Diseases of passion flower (*Passiflora spp.*). *Pest technology*, 2(1):1-19.
- Freitas, J. C. O., Viana, A. P., Santos, E. A., Paiva, C. L., Silva, F. H. L., Amaral Júnior, A. T., Souza, M. M., Dias, V. M. (2016) Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. *Euphytica*, 208:493-507.
- Freitas, J. C. O., Viana, A. P., Santos, E. A., Silva, F. H. L., Paiva, C. L., Rodrigues, R., Souza, M. M., Eiras, M. (2015) Genetic basis of the resistance of a passion fruit segregant population to Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV). *Tropical Plant Pathology*, 40:291-297.
- Freitas, J. P. X., Oliveira, E. J., Jesus, O. N., Cruz Neto, A. J., Santos, L. R. (2012) Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 47(3):393-401.
- Freitas, L. B. (2011) História evolutiva das espécies de *Passiflora* L. de ocorrência no Rio Grande do Sul: aspectos genéticos, estrutura populacional e filogenia molecular. *Revista Brasileira de Biociências*, 9(1):41-47.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28:476-490.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2019) Produção agrícola municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 24 de Nov. 2021.
- Kloos, A., Bouman, F. (1980) Case studies in aril development: *Passiflora suberosa* L., *Turnera ulmifolia* L. *Beitrag zur Biologie der Pflanzen*, 49-66.
- Krause, W., Souza, R. S. D., Neves, L. G., Carvalho, M. L. D. S., Viana, A. P., Faleiro, F. G. (2012) Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(1):51-57.
- Krause, W., Viana, A. P., Cavalcante, N. R., Ambrósio, M., Santos, E. A., Vieira, H. D. (2017) Digital phenotyping for quantification of genetic diversity in inbred guava (*Psidium guajava*) families. *Genetic and Molecular Research*, 16(1):gmr16019474.
- Krzyzanowski FC, Vieira RD, França-Neto J de B, Marcos-Filho J (2020) Testes de vigor: Importancia e utilização. In: Vigor de sementes: Conceitos e Testes. ABRATES, Londrina, 17–77.

- Larré, C.F.; Zepka, A.P.S.; Moraes, D.M. (2007) Análise bioquímica e condutividade elétrica de sementes de maracujá submetidas a envelhecimento acelerado. *Revista Brasileira de Biociências*. 5(2):711-713.
- Lima, A. A., Cunha, M. A. P. (2004) Maracujá: produção e qualidade na passicultura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 396p.
- Lima, C. R., Bruno, R. L., Silva, K. R. G., Pacheco, M. V., Alves, E. U. (2014) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. *Revista Ciência Agronômica*, 45(2):370-378.
- Lima, J. A. A., Nascimento, A. K. Q., Maia, L. M., Rabelo Filho, F. A. C. (2018) Biotypes of Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus in Brazil. In: Gaur, R. K., Khurana, S. P., Dorokhov, Y (Eds). *Plant Viruses: Diversity, Interaction and Management*. CRC Press., 27-40.
- MacDougal, J. M. (1994) Revision of *Passiflora* subgenus *Decaloba* section *Pseudodysosmia* (Passifloraceae). *Systematic Botany Monographs*, 1-146.
- Marcos-Filho, J. (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2 ed. Londrina, PR: ABRATES, 600p.
- Marostega, T. N., Araujo, L., Luz, P. B. D., Neves, L. G., Barelli, M. A. A. (2017) Genetic diversity of *Passiflora* accessions based on morphophysiological seed descriptors. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(5):e-365.
- Martins, C. C., Silva, N., Machado, C. G. (2014) Testes para a seleção de populações de cenoura visando ao vigor e à longevidade das sementes. *Ciência Rural*, 44(5):768-775.
- Martins, C. M., Vasconcellos, M. A. S., Rossetto, C. A. V., Carvalho, M. G. (2010) Prospecção fitoquímica do arilo de sementes de maracujá amarelo e influência em germinação de sementes. *Ciência Rural*, 40(9):1934-1940.
- Meletti, L. M. M. (2011) Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 83-91.
- Meletti, L. M. M., Cavichioli, J. C., Pacheco, C.A. (2012) Cultivares e produção de mudas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 33(269):35-42.
- Meletti, L. M. M., Furlani, P. R., Álvares, V., Soares-Scott, M. D., Bernacci, L. C., Azevedo Filho, J. A. (2002) Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. *O Agrônomo*, 30- 33.
- Mendes, D. S. Seleção recorrente em maracujazeiro visando à resistência ao Cowpea aphid-borne mosaic vírus. Não publicado.
- Mengarda LHG, Lopes JC, Zanotti RF, Alexandre RS (2015) Desempenho de genótipos de mamoeiro quanto à qualidade física e fisiológica de sementes e análises de diversidade. *Bio science Journal*, 31:719–729.

- Mertz, L. M., Henning; F. A., Cruz; H. L., Meneghello, G. E., Ferrari, C. S., Zimmer, P. D. (2009) Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(1):23-29.
- Milward-de-Azevedo, M. A. (2018) Histórico de *Passiflora* L. com enfoque no subgênero *Decaloba* (DC.) RCHB. (Passifloraceae sensu stricto). *Diversidade e Gestão*, 2(1):36-45.
- Mondo, V. H. V., Gomes Junior, F. G., Pupim, T. L., Cicero, S. M. (2009) Avaliação de danos mecânicos em sementes de feijão por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, 31:27-35.
- Moreira, S.O., Kuhlcamp, K.T., Barros, F.L.S., Zucoloto, M., Godinho, T.O. (2019) Selection index based on phenotypic and genotypic values predicted by REML/BLUP in Papaya. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1):1-7.
- Morley-Bunker, M. J. S. (1974) Some aspects of seed dormancy with reference to *Passiflora* spp. and other tropical and subtropical crops. London: University of London, 43p.
- Mulamba, N.N.; Mock, J.J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt Journal of Genetics and Cytology*, Alexandria, 7:40-51.
- Nery, M. C., Rocha, A. D. S., Pinho, É. V. D. R. V., Santos, H. O. D., Fialho, C. M. T., Nery, F. C. (2018) Accelerated ageing test and behaviour investigation of isoenzymes in sesame seeds. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40:e39449.
- Oliveira, L. F., Bordignon, L. A., Alves, J. H. (2017) Identificação de amostras de sementes utilizando Visão Computacional. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 40(1):50-167.
- Orozco-Restrepo, S. M., Rojas-Duque, S. L., Santos, T. M., Aristizábal-Loaiza, J. C., Horst-Bruckner, C. (2014) Evaluación de fructificación y determinación de la capacidad germinativa de semillas en *Passiflora setacea*. *Revista Agronomía*, 22(1):66-76.
- Paiva, C. L., Viana, A. P., Santos, E. A., Silva, R. N. O., Oliveira, E. J. (2014) Diversidade genética de espécies do gênero *Passiflora* com o uso da estratégia Ward-MLM. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(2):381-390.
- Pereira, K. J. C., Dias, D. C. F. S. (2000) Germinação e vigor de sementes de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. F. flavicarpa Dg.) submetidas a diferentes métodos de remoção de mucilagem. *Revista Brasileira de Sementes*, 288-291.
- Pérez-Cortéz, S., Tillett, S., Escala, M. (2002) Estudio morfológico de la semilla de 51 especies del género *Passiflora* L. *Acta Botánica Venezuelica*, 25(1):67-96.
- Pesek, J.; Baker, R.J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Sciences*, Ottawa, 215-274.

- Pinto, T. L. F., Mondo, V. H. V., Gomes-Júnior, F. G., Cicero, S. M. (2012) Análise de imagens na avaliação de danos mecânicos em sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43(3):310-316.
- Posada, P., Ocampo, J., Santos, L. G. (2014) Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae) como una contribución para la conservación ex situ. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1):9-19.
- Preisigke, S.C., Viana, A.P., Santos, E.A., Santos, P.R., Ambrósio, M., Santos, V. O. dos, Silva, F.A. da. (2020a). Individual selection of the first backcross generation of passion fruit potentially resistant to the fruit woodiness disease. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(1):e20180797.
- Preisigke, S.C., Viana, A.P., Santos, E.A., Santos, P.R., Ambrósio, M., Santos, V. O. dos, Silva, F.A. da., Walter, F.H. de B. (2020b). Selection strategies in a segregating passion fruit population aided by classic and molecular techniques. *Bragantia*, 79(1):47-61.
- Ramalho, M. A. P., Abreu, A. D. F. B., Santos, J. B. (2005) Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. *Euphytica*, 144:23-29.
- Rezende, J. A. M. (2006) Práticas culturais para prevenção e convivência com as viroses do maracujazeiro. In: Sampaio, A. C., Fumis, T. F., Rossi, A. D., Almeida, A. M., Garcia, M. J. M. Manejo no controle do vírus do endurecimento dos frutos (PWV) do maracujazeiro. Jaboticabal: *Multipress*, 47-58.
- Rodrigues, D. L., Viana, A. P., Vieira, H. D., Santos, E. A., Silva, F. H. D. L., Santos, C. L. (2017) Contribution of production and seed variables to the genetic divergence in passion fruit under different nutrient availabilities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52:607-614.
- Rodrigues, F., Von Pinho, R. G., Albuquerque, C. J. B., Von Pinho, É. V. R. (2011) Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(2):278-286.
- Rosado, R. D., Rosado, L. D., Borges, L. L., Bruckner, C. H., Cruz, C. D., Santos, C. E. (2019) Genetic diversity of sour passion fruit revealed by predicted genetic values. *Agronomy Journal*, 111:165-174.
- Santos, C. E. M., Morgado, M. A. D. O., Matias, R. G. P., Wagner Júnior, A., Bruckner, C. H. (2015) Germination and emergence of passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds obtained by self- and open-pollination. *Acta Scientiarum Agronomy*, 37:489-493.
- Santos, C. H. B., Cruz Neto, A. J., Junghans, T. G., Jesus, O. N., Girardi, E. A. (2016) Estádio de maturação de frutos e influência de ácido giberélico na emergência e crescimento de *Passiflora* spp. *Revista Ciência Agronômica*, 47:481-490.

- Santos, E. A., Viana, A. P., de Oliveira Freitas, J. C., e Silva, F. H. D. L., Rodrigues, R., Eiras, M. (2015b) Resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus in species and hybrids of *Passiflora*: advances for the control of the passion fruit woodiness disease in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 143(1):85-98.
- Santos, E. A., Viana, A. P., Freitas, J. C. O., Souza, M. M., Paiva, C. L., Rodrigues, D. L., Tavares, R. F. (2014) Phenotyping of *Passiflora edulis*, *P. setacea*, and their hybrids by a multivariate approach. *Genetics and Molecular Research*, 13(4):9828-9845.
- Santos, E.A., Viana, A.P., Freitas, J.C.O., Rodrigues, D.L., Tavares, R.F., Paiva, C.L., Souza, M.M. (2015a) Genotype selection by REML/BLUP methodology in a segregating population from an interspecific *Passiflora* spp. crossing. *Euphytica*. 204:1-11.
- Santos, F.; Trani, P.E.; Medina, P.F. Parisi, J.J. (2011) – Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. *Revista Brasileira de Sementes*, 33(2):322-330.
- Santos, V.O. dos, Viana, A.P., Preisigke, S. da C, Santos, E.A. (2019b). Backcrosses in a segregating population of *Passiflora* mediated by morphoagronomic and resistance traits. *Bragantia*, 78(4):542-552.
- Silva, C. C. A. D., Vieira, H. D., Viana, A. P., Maitan, M. Q., Santos, E. A. (2021) Phenomics approaches: genetic diversity and variance components in a S2 guava family by seed traits. *Bragantia*, 80:e3721.
- Silva, F.H.L., Viana, A.P., Santos, E.A., Freitas, J.C.O., Rodrigues, D.L., Amaral Junior, A.T. do A. (2017) Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. *Acta Scientiarum Agronomy*, 39(2):183-190.
- Silva, M. G. D. M., Viana, A. P. (2012) Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2):525-531.
- Silva, S.M., R.C.D. Oliveira, R.F.D. Almeida, A.D. Sá, C.M.D. Santos. (2015) Aryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. *Journal of Seed Science*, 37:125-130.
- Smith, H.F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, London, 7:240-250.
- Souto, A. G. L., Cremasco, J. P. G., Maitan, M. Q., Azevedo, J. L. F., Ribeiro, M. R., Santos, C. E. M. (2017) Seed germination and vigor of passion fruit hybrids. *Comunicata Scientiae*, 134-138.
- Souza, P. V. D., Carniel, E., Fochesato, M. L. (2006) Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 276-279.
- TIBIT (2014) Manual do GroundEye. 88p.

- Tillett, S. (1998) *Passionis passifloris* II. Terminología. *Ernstia* 48:1-40.
- Torres, G. X., Viana, A. P., Duarte Vieira, H., Rodrigues, D. L., Santos, V. O. (2019) Contribution of seed traits to the genetic diversity of a segregating population of *Passiflora* spp. *Chilean journal of agricultural research*, 79(2):288-295.
- Ulmer, T., Macdougall, J. M. (2004) *Passiflora: Passionflowers of the world*. Timber Press, Cambridge. 430p
- Vanderplank, J. (1996) *Passion flowers*. MIT Press, Cambridge. 224p.
- Vanderplank, J. (2000) *Passion flowers*. 3<sup>a</sup> ed. Cambridge: The MIT Press, 224 p.
- Vencovsky, R. (1987) Herança quantitativa. In: Paterniani, E., Viégas, G.P., coords. Melhoramento e produção do milho no Brasil. 2ed. Campinas, Fundação Cargill, cap.5:137-214.
- Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: *Revista Brasileira de Genética*, 496p.
- Viana, A. P., Detmann, E., Pereira, M. G., Souza, M. M. D., Pereira, T. N. S., Amaral Júnior, A. T. D., Gonçalves, G. M. (2007) Polinização seletiva em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) monitorada por vetores canônicos. *Ciência Rural*, 1627-1633.
- Vidal, R. F., Viana, A. P., Preisigke, S. D. C., Cavalcante, N. R., Júnior, D. H., Mendes, D. S. (2021) Evaluation of resistance to Cowpea aphid-borne mosaic virus in passion fruit backcrosses for recurrent selection and development of resistant cultivars. *Gene Conserve*, 20(78):1-15.
- Williams, J.S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, North Carolina, 18:375-393.
- Xavier, J. B., Andrade, D. B. D., Souza, D. C. D., Guimarães, G. C., Resende, L. V., Guimarães, R. M. (2019) Morphological, chemical and physiological characterization of *Amaranthus* spp. Seeds. *Journal of Seed Science*, 41:478-487.