

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

Déborah Cristina Dias Campos

Desempenho de clones elite de pinheira (*Annona squamosa* L.)

**Montes Claros
2025**

Déborah Cristina Dias Campos

Desempenho de clones elite de pinheira (*Annona squamosa* L.)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Dra. Silvia Nietsche

Coorientador: Dr. Samy Pimenta

Montes Claros
Novembro de 2025

Campos, Déborah Cristina Dias.

C198d Desempenho de clones elite de pinheira (*Annona squamosa* L.) [manuscrito] /
2026 Déborah Cristina Dias Campos. Montes Claros, 2025.
50 f.: il.

Tese (doutorado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Sílvia Nietzsche.

Banca examinadora: Alcinei Místico Azevedo, Bruno Rafael Alves Rodrigues, Marlon Cristian Toledo Pereira, Samy Pimenta, Sílvia Nietzsche.

Inclui referências: f. 44-50.

I. Árvores frutíferas - Teses. 2. Engenharia genética - Teses. 3. Plantas - Melhoramento genético - Teses. I. Nietzsche, Sílvia. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 604.7


ATA DE DEFESA DE TESE

Aos 17 dias do mês de novembro de 2025 às 8:00 horas, sob a Presidência da Professora Sílvia Nietzsche, D. Sc. (Orientadora - UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Samy Pimenta, D. Sc. (Unimontes), Alcinei Místico Azevedo, D. Sc. (UFMG/ICA), Marlon Cristian Toledo Pereira, D. Sc. (Unimontes) e Bruno Rafael Alves Rodrigues, D. Sc. (Unimontes), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de tese de **Deborah Cristina Dias Campos**, aluna do Curso de Doutorado em Produção Vegetal. O resultado da defesa de tese intitulada: **“DESEMPENHO DE CLONES ELITE DE PINHEIRA (ANNONA SQUAMOSA L.)”** sendo a aluna considerada (aprovado(a)/reprovado(a)) **APROVADA**. E, para constar, eu, Professora Sílvia Nietzsche, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.


OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do **ARTIGO 65** do regulamento do Curso de Doutorado em Produção Vegetal, conforme apresentado a seguir:

Art. 65 Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, 1 (um) exemplar impresso e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação ou tese, no prazo de 60 (sessenta) dias.


Montes Claros, 17 de novembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **SAMY PIMENTA**
 Data: 20/11/2025 09:51:40-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>


Samy Pimenta
 Membro

Documento assinado digitalmente
 **MARLON CRISTIAN TOLEDO PEREIRA**
 Data: 24/11/2025 09:50:19-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>


Marlon Cristian Toledo Pereira
 Membro

Documento assinado digitalmente
 **ALCINEI MISTICO AZEVEDO**
 Data: 19/11/2025 17:47:40-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Alcinei Místico Azevedo
 Membro

Documento assinado digitalmente
 **BRUNO RAFAEL ALVES RODRIGUES**
 Data: 21/11/2025 19:15:08-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Bruno Rafael Alves Rodrigues
 Membro

Documento assinado digitalmente
 **SILVIA NIETSCHÉ**
 Data: 19/11/2025 09:44:10-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Sílvia Nietzsche
 Orientadora

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus, por sempre ter ouvido as minhas orações e por estar sempre comigo em todos os momentos. Por me permitir vencer e comemorar mais uma mais etapa.

Agradeço ao FAPEMIG e a Capes pela bolsa concedida.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao ICA.

À Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES.

À minha Orientadora Silvia Nietzsche, pela compreensão, incentivo, por toda atenção e paciência ao longo dessa caminhada. Você é um dos meus maiores exemplos e inspiração.

Ao meu Coorientador Samy Pimenta, por todos os ensinamentos.

Ao Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal e Biotecnologia da UNIMONTES.

Aos alunos de iniciação científica pela ajuda durante todo o experimento, em especial a Carol, Clécia e Olívia.

Aos mestrandos e doutorandos, em especial a Renata, Sara e Géis.

Agradeço aos meus pais, Magda e Agnaldo, pelo carinho e apoio.

À minha irmã Bárbara, por todo amor, carinho e amizade.

Ao Thiago, por toda a paciência, amizade e incentivo.

A todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho, meu muito obrigada!

“A felicidade não está em viver, mas em saber viver. Não vive mais o que mais vive, mas o que melhor vive.”

Mahatma Gandhi

Desempenho de clones elite de pinheira (*Annona squamosa* L.)

RESUMO

A pinha (*Annona squamosa* L.) é uma frutífera de grande importância econômica, cuja produtividade no Brasil é limitada pela elevada variabilidade genética dos pomares e pela ausência de cultivares registradas. Este trabalho teve como objetivo avaliar e caracterizar morfoagronomicamente três clones elite de pinheira (UNI-1, UNI-2 e UNI-3), provenientes do programa de melhoramento da UNIMONTES/UFMG, visando gerar subsídios para sua recomendação e registro como cultivares comerciais. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da UNIMONTES, em Janaúba-MG, entre 2023 e 2025, em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e seis plantas por parcela, avaliadas em cinco safras consecutivas. Foram analisadas características florais, físicas de fruto, frações de casca, polpa e sementes, atributos químicos (sólidos solúveis, pH, acidez titulável), produção por planta e produtividade por área. As análises incluíram estatística descritiva, caracterização morfológica qualitativa e quantitativa, estimativas de parâmetros genéticos, avaliação de estabilidade e adaptabilidade temporal e correlações entre caracteres. Observou-se variabilidade significativa entre os clones, especialmente para comprimento da flor, dimensões e massa do fruto, massa e número de sementes, bem como para rendimento de polpa, com herdabilidade elevada para comprimento da flor e moderada para caracteres de tamanho e massa do fruto. O clone UNI-2 destacou-se por maior massa e produção de frutos, maior porcentagem de polpa e elevada estabilidade produtiva; o UNI-1 apresentou maiores teores de sólidos solúveis e maior número de sementes; e o UNI-3 diferenciou-se pela coloração vermelho-rosada dos frutos e maior rendimento de polpa, com menor porcentagem de sementes. As fortes correlações positivas entre massa do fruto, dimensões, frações estruturais e produção indicam que caracteres de fácil mensuração podem ser usados na seleção indireta de clones superiores. Os três materiais apresentaram desempenho agrônomico e atributos morfológicos compatíveis com as exigências de superioridade, sustentando sua indicação para registro junto ao MAPA de pinheira adaptadas ao semiárido brasileiro.

Palavras-chave: REML/BLUP; variabilidade genética; adaptabilidade; produtividade.

Performance of elite clones of pineapple (*Annona squamosa* L.)

ABSTRACT

Sugar apple (*Annona squamosa* L.) is a fruit tree of great economic importance, whose productivity in Brazil is limited by the high genetic variability of orchards and the absence of registered cultivars. This work aimed to evaluate and characterize morpho-agronomically three elite sugar apple clones (UNI 1, UNI 2, and UNI 3), from the UNIMONTES/UFMG breeding program, aiming to generate subsidies for their recommendation and registration as commercial cultivars. The experiment was conducted at the UNIMONTES Experimental Farm, in Janaúba, MG, between 2023 and 2025, in a randomized block design with four replications and six plants per plot, evaluated in five consecutive harvests. Floral characteristics, physical fruit characteristics, peel, pulp and seed fractions, chemical attributes (soluble solids, pH, titratable acidity), production per plant and productivity per area were analyzed. The analyses included descriptive statistics, qualitative and quantitative morphological characterization, estimates of genetic parameters, evaluation of stability and temporal adaptability, and correlations between traits. Significant variability was observed among the clones, especially for flower length, fruit dimensions and mass, seed mass and number, as well as pulp yield, with high heritability for flower length and moderate heritability for fruit size and mass traits. Clone UNI 2 stood out for its greater fruit mass and production, higher pulp percentage, and high productive stability; UNI 1 presented higher soluble solids content and a greater number of seeds; and UNI 3 differed in the reddish-pink color of the fruits and higher pulp yield, with a lower percentage of seeds. The strong positive correlations between fruit mass, dimensions, structural fractions, and production indicate that easily measurable traits can be used in the indirect selection of superior clones. The three materials presented agronomic performance and morphological attributes compatible with the requirements for superiority, supporting their indication for registration with MAPA as pineapple adapted to the Brazilian semi-arid region.

Keywords: REML/BLUP; genetic variability; adaptability; productivity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	12
2.1 <i>Objetivo Geral</i>	12
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 <i>Importância econômica</i>	13
3.2 <i>Origem e dispersão geográfica</i>	14
3.3 <i>Caracterização morfológica de Annona squamosa</i>	14
3.4 <i>Programa de melhoramento de Anonáceas</i>	15
3.5 <i>Parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos</i>	16
3.6 <i>Modelos mistos no melhoramento genético de plantas</i>	17
4 MATERIAL E METÓDOS	20
4.1 <i>Material genético</i>	20
4.2 <i>Localização e caracterização climática da área experimental</i>	20
4.3 <i>Delineamento experimental, manejo e avaliações agronômicas</i>	21
4.4 <i>Análise descritiva</i>	22
4.5 <i>Caracterização morfológica (qualitativa e quantitativa)</i>	23
4.6 <i>Análises genético-estatísticas</i>	23
5 RESULTADO	25
5.1 <i>Análise descritiva dos Clones elite</i>	25
5.2 <i>Caracterização morfológica dos clones elite</i>	25
5.3 <i>Teste de razão de verossimilhança (LRT)</i>	28
5.4 <i>Estimativas dos parâmetros genéticos</i>	28
5.5 <i>Análise dos componentes de Média (BLUP Individual)</i>	30
5.6 <i>Análise de estabilidade e adaptabilidade</i>	32
5.7 <i>Correlações de Pearson</i>	33
6 DISCUSSÃO	35
6.1 <i>Análise descritiva dos Clones elite</i>	35
6.2 <i>Caracterização morfológica e agronômica dos clones elite</i>	36
6.3 <i>Estimativas dos parâmetros genéticos</i>	37
6.4 <i>Análise dos componentes de Média (BLUP Individual)</i>	39
6.5 <i>Análise de estabilidade e adaptabilidade</i>	40
6.6 <i>Correlações de Pearson</i>	41
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

Dentro do gênero *Annona*, existem mais de 50 espécies, com destaque para *Annona squamosa* L. (pinha, ata ou fruta-do-conde), considerada uma das espécies de maior importância comercial no Brasil e no mundo (PEREIRA e BORÉM, 2021). Os frutos apresentam elevado valor nutricional, reunindo praticamente todos os minerais essenciais, como potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e ferro, além de vitamina C e carboidratos. A pinha distingue-se pela riqueza em vitaminas e minerais, incluindo antioxidantes do grupo dos carotenoides, que auxiliam no combate aos radicais livres e contribuem para a prevenção de diversas doenças crônicas. Ademais, trata-se de uma fonte significativa de fibras, elemento fundamental para o bom funcionamento do sistema digestivo (HASAN *et al.*, 2025).

O Brasil se destaca tanto na produção quanto na comercialização da pinha, que pode ser consumida *in natura* ou em produtos processados, contribuindo para a economia regional por meio da geração de emprego e renda. A produção está predominantemente concentrada na região Nordeste, com ênfase na zona semiárida da Bahia. Também são registrados plantios no norte de Minas Gerais e no noroeste de São Paulo, totalizando uma área de 6.042 hectares e uma produção anual de 36.654 toneladas (OLIVEIRA *et al.*, 2016; LEMOS, 2021). Contudo, mesmo com o potencial de crescimento da cultura, a baixa produtividade dos pomares está relacionada à forma de propagação das plantas, que ocorre principalmente por meio de sementes, acarretando alta variabilidade dos pomares (SÃO JOSÉ *et al.*, 2021). Essa forma de propagação se deve, principalmente, à falta de disponibilidade de materiais genéticos melhorados aos produtores. No Brasil, não há cultivares registradas, apenas algumas seleções indicadas para o cultivo nas regiões de semiárido (PEREIRA *et al.*, 2019).

Tendo em vista tais problemas, se faz urgente a seleção de clones superiores com a finalidade de preservar características agrônômicas favoráveis, permitindo obter plantas mais uniformes e frutos de melhor qualidade, aumentando, dessa forma, a produtividade em pomares comerciais. Pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em parceria com a Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) conduzem estudos e desenvolvem tecnologias visando aumentar a produtividade e expandir as áreas cultivadas de pinheira e atemoieira no semiárido brasileiro desde 2001 (NOGUEIRA *et al.*, 2022).

Com base nesse contexto, para o melhoramento de anonáceas e de outras espécies perenes, em que as populações apresentam longos ciclos de avaliação e as mensurações ocorrem repetidamente no mesmo indivíduo, a utilização de modelos mistos via REML/BLUP (Máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada) tem se mostrado o procedimento adequado para a seleção de indivíduos superiores, por considerar essas peculiaridades (RESENDE, 2007). Adicionalmente, essa metodologia permite a interpretação direta dos resultados em termos de valores genéticos, característica que não é viável em outros métodos estatísticos. Essa abordagem possibilita a seleção de genótipos específicos para cada ambiente, de genótipos estáveis em diferentes condições, de genótipos responsivos (com elevada adaptabilidade) à melhoria do ambiente e, ainda, a seleção simultânea considerando três atributos essenciais: produtividade, estabilidade e adaptabilidade (ROSADO *et al.*, 2012).

Durante o processo de desenvolvimento de novos materiais genéticos, diversas avaliações são conduzidas, e uma das mais relevantes, está na caracterização exata da variabilidade morfológica observada em caracteres como forma, tamanho e coloração dos frutos, pois além de auxiliar o melhorista

no processo de seleção, permite a distinção de genótipos superiores, para fins de registro e proteção (SILVA *et al.*, 2025).

Nesse contexto, a caracterização morfológica e agrônômica em *Annona squamosa* tem como objetivo identificar e quantificar a variabilidade fenotípica existente entre os genótipos da espécie, considerando características da planta, dos frutos e do desempenho produtivo. Essas informações são essenciais tanto para subsidiar programas de melhoramento genético quanto para atender aos critérios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE), exigidos nos processos de registro e proteção de cultivares, possibilitando a descrição oficial de materiais promissores e sua recomendação para cultivo comercial.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Avaliação morfoagronômica e caracterização de três clones superiores de pinheira (*Annona squamosa* L.) por meio de análise de modelos mistos.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar as características reprodutivas e de produção dos clones elite durante cinco safras;
- Determinar parâmetros genéticos de variáveis agronômicas selecionando as com maior contribuição genética na expressão fenotípica para diferenciar os clones elite em teste (via REML/BLUP);
- Estimar a adaptabilidade e estabilidade genotípica temporal dos clones elite em cinco safras.
- Indicar para fins de registro junto ao MAPA os clones elite avaliados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância econômica

O Brasil, terceiro maior produtor mundial de frutas, dedica mais de 2,5 milhões de hectares ao cultivo frutícola, correspondendo a cerca de 30% de sua área agrícola. Minas Gerais ocupa a quarta posição entre os maiores produtores de frutas do país, consolidando-se como um estado estratégico para a fruticultura nacional. A produção concentra-se principalmente nas regiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (28%) e do Norte de Minas (27%) (ALVES *et al.*, 2024; MINAS GERAIS, 2024).

Entre essas regiões, o Norte de Minas Gerais se destaca como importante polo produtor, favorecido por condições edafoclimáticas e pela presença de perímetros irrigados (PEREIRA *et al.*, 2011). Dados da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2024) indicam que, em 2023, cerca de 300 mil toneladas de produtos agrícolas foram obtidas nos projetos de irrigação Jaíba, Gorutuba, Lagoa Grande e Pirapora.

Além da relevância econômica, o setor frutícola também é impulsionado por fatores ligados à saúde e à alimentação. O crescente interesse global por hábitos alimentares saudáveis tem estimulado o consumo de frutas, reconhecidas por serem fontes de vitaminas, minerais e compostos bioativos (DUTRA *et al.*, 2017).

Nesse contexto, as anonáceas ganham destaque entre as espécies tropicais de maior potencial comercial. O grupo apresenta elevada aceitação de mercado, amplas perspectivas de exportação e crescente demanda pelas agroindústrias de polpas, néctares, sucos, sorvetes e geleias. As principais espécies cultivadas no Brasil e no mundo incluem *Annona muricata*, *Annona squamosa*, *Annona cherimola*, e mais recente a atemoia, híbrido de *A. squamosa* × *A. cherimola* (OLIVEIRA *et al.*, 2009; SÃO JOSÉ *et al.*, 2014).

No Brasil, a Bahia lidera a produção nacional de pinha (*A. squamosa*), com área plantada estimada em 4.200 ha, correspondendo a aproximadamente 70% da produção do país. Minas Gerais ocupa a quinta posição, com em torno de 134 ha cultivados. Há ainda diversas pequenas áreas distribuídas em quase todos os estados brasileiros, embora os dados oficiais sejam escassos (LEMOS, 2021).

Além dos aspectos produtivos, fatores de mercado como a sazonalidade exercem influência direta na rentabilidade da cultura. Em geral, na entressafra do segundo semestre, os preços são mais elevados em relação ao primeiro, o que reforça a importância de práticas de manejo que possibilitem o aproveitamento desses períodos de maior valorização (SÃO JOSÉ *et al.*, 2014).

Para além da dimensão econômica, o cultivo da pinha possui expressiva relevância social, sendo conduzido majoritariamente por pequenos produtores em áreas familiares. Trata-se de uma atividade que complementa a alimentação das populações rurais e gera emprego e renda durante o período de colheita, configurando-se como uma importante alternativa produtiva para o semiárido (QUEIRONGA *et al.*, 2023; SILVA OLIVEIRA, 2016).

Assim, a fruticultura e, em especial, o cultivo da pinheira representa não apenas uma oportunidade de diversificação agrícola e incremento econômico para o Norte de Minas, mas também um instrumento de inclusão produtiva e desenvolvimento sustentável para a agricultura familiar regional.

3.2 Origem e dispersão geográfica

Jussieu em 1789 catalogou a família Annonaceae. Geralmente estas plantas estão distribuídas entre as áreas tropicais dos continentes americano, africano e asiático (HUTCHINSON, 1974; CHATROU *et al.*, 2012). As anonáceas são constituídas por cerca de 120 gêneros e possuindo em torno de 2.300 espécies. No Brasil, estão registrados 29 gêneros, dentro dos quais cerca de 260 espécies (BRAGA SOBRINHO, 2014).

Espécies do gênero *Annona*, como *A. cherimola* (cherimóia), *A. muricata* (graviola), *A. squamosa* (fruta-do-conde), *A. reticulata* (coração-de-boi), *A. glabra* (fruta-do-brejo) e o híbrido *A. cherimola* × *A. squamosa* (atemóia), possuem relevância mundial. Atualmente, essas variedades estão amplamente distribuídas, sendo a graviola e a fruta-do-conde as que apresentam maior cultivo nas regiões tropicais (BABU *et al.*, 2025).

A pinheira pertence ao reino vegetal; divisão Angiospermae; classe Eudicotyledoneae; ordem Magnoliales; família Annonaceae; subfamília: Annonoideae; gênero *Annona*; espécie *A. squamosa* L. (APG IV, 2016). Originária da América Central, provavelmente da região das Antilhas, a pinheira é considerada um dos principais representantes da família e está distribuída pelas várias regiões tropicais e subtropicais do mundo. Atualmente, a pinha é produzida em várias regiões brasileiras, com destaque para o Nordeste e Sudeste, onde gera frutos de alta qualidade (DONADIO, 1997; LEMOS, 2021).

3.3 Caracterização morfológica de *Annona squamosa*

A pinheira é uma planta de porte baixo, possuindo no geral de 4 a 6 m de comprimento, apresentando folhas lanceoladas, decíduas, de coloração verde-brilhante na parte adaxial e verde-azulada na parte abaxial. As flores apresentam três pétalas e três sépalas, com coloração amarelo-esverdeada externamente e amarelada com uma mancha roxa na base. Na base do receptáculo floral observam-se numerosos estames curtos de coloração amarela e, na porção superior, uma grande quantidade de carpelos de coloração púrpura (MANICA, 1994). Essas características morfológicas são importantes para a correta identificação taxonômica da espécie e para diferenciar acessos em bancos de germoplasma.

Essa espécie possui estruturas reprodutivas masculinas e femininas na mesma flor, sendo considerada hermafrodita. As flores surgem nos novos ramos, são pendentes, isoladas ou agrupadas de 2 a 4, podendo alcançar aproximadamente 2,5 cm de comprimento (SAFIRA *et al.*, 2022). No entanto, observa-se um fenômeno chamado dicogamia protogínica, caracterizado pelo fato de que, no momento da liberação dos grãos de pólen, os estigmas já não se encontram receptivos (PEREIRA *et al.*, 2021). A ocorrência desse fenômeno, associada à pequena abertura das pétalas no estágio feminino, dificulta a polinização natural. Apenas pequenos besouros atuam como polinizadores naturais. A polinização artificial proporciona maior pegamento de frutos chegando a valores próximos de 90% enquanto a natural apresenta taxas de 0 a 10%, dependendo da temperatura e umidade. Além disso, frutos provenientes da polinização manual tendem a apresentar melhor simetria e qualidade comercial (PEREIRA *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2021). Essa relação direta entre o tipo de polinização e a qualidade dos frutos demonstra como fatores morfológicos e reprodutivos afetam características agrônômicas da espécie.

Segundo Mosca *et al.* (2006), o fruto da pinheira é um sincarpo arredondado, ovóide, esférico ou cordiforme, com diâmetro variando de 5 a 10 cm, formado por carpelos proeminentes cobertos externamente por tubérculos achatados e regularmente dispostos. Pinto *et al.* (2005) relataram que o fruto pode ter entre 120 e 330 g, variando conforme cultivar, polinização, nutrição e fatores ambientais. A polpa é branca, doce e aromática, contendo cerca de 50 sementes por fruto, de formato oblongo e coloração preta ou marrom escura, ocupando de 30 a 40% da polpa (LEAL, 1990; MOSCA *et al.*, 2006).

Essas variações refletem a expressiva diversidade morfológica da espécie, que é resultado tanto da polinização cruzada quanto da influência de fatores ambientais e genéticos.

A diversidade morfológica observada na planta e nos frutos indica a que são características complexa e poligênicas, altamente influenciadas por condições ambientais e pelos estágios de desenvolvimento das plantas (KUMAR *et al.*, 2018). Os descritores morfológicos são amplamente utilizados como marcadores fenotípicos na avaliação da diversidade genética, devido à simplicidade, rapidez e baixo custo na obtenção dos dados (MONDRAGÓN-JACOBO e CHESSA, 2013).

A caracterização morfológica, portanto, desempenha papel fundamental na identificação de variantes dentro da espécie, viabilizando o registro de cultivares e proporcionando benefícios econômicos e legais aos obtentores (FAUSTINO, 2016). Em Alagoas, Salvador *et al.* (2016) observaram plantas com diferenças visíveis da variedade Crioula, especialmente na cor e textura do exocarpo variando de verde-claro a roxo, e de lisa a pontiaguda o que evidencia a diversidade intraespecífica.

Segundo o Serviço Nacional de Proteção a Cultivares (SNPC), diferenças em características como forma, tamanho, textura e cor em folhas, flores e frutos constituem critérios válidos para distinção de cultivares (CARVALHO *et al.*, 2009). No caso da pinheira, a caracterização fenotípica pode ser realizada por meio da análise de folhas, flores, frutos e sementes, permitindo a identificação precisa de genótipos e o direcionamento de estratégias de melhoramento e conservação.

3.4 Programa de melhoramento de Anonáceas

O gênero *Annona* possui mais de 50 espécies e híbridos interespecíficos, sendo a grande maioria de origem das regiões tropicais e subtropicais das Américas (NIETSCHE *et al.*, 2021). Segundo Pereira *et al.* (2011), existem cerca de 1.741 acessos conservados em diferentes bancos de germoplasma do gênero *Annona*, sendo que a maior parte corresponde às espécies *A. cherimola*, *A. squamosa* e *A. muricata*. No Brasil, estão conservados aproximadamente 92 acessos de pinha, constituindo o maior conjunto da espécie no país (PEREIRA *et al.*, 2011).

A introdução de germoplasma exerce função relevante na agricultura, contribuindo para a identificação de novas espécies agrônômicas e fornecendo recursos genéticos essenciais ao desenvolvimento de cultivares (BOREM *et al.*, 2017). Nesse contexto, os bancos de germoplasma são elementos vitais para o início de programas de melhoramento, pois mantêm genitores que serão utilizados nos ciclos de seleção.

A pinheira é uma planta perene e alógama, e o melhoramento genético de plantas perenes difere do processo utilizado para espécies anuais devido às particularidades biológicas apresentadas, como ciclo produtivo longo e expressão de caracteres ao longo da idade da planta (RESENDE, 2002). Um dos métodos utilizados é a seleção recorrente, que visa aumentar gradualmente a frequência de alelos

desejáveis para características quantitativas por meio de ciclos repetidos de seleção, sem reduzir significativamente a variabilidade genética da população (BOREM *et al.*, 2017). No caso da pinheira, o principal objetivo é aumentar a frequência de alelos favoráveis, buscando o aumento da produtividade, melhoria da qualidade de frutos e adaptação a determinado ambiente. Em programas de melhoramento de fruteiras, são avaliados atributos como caracterização físico-química dos frutos, tamanho, resistência a pragas e doenças (LORENZONI *et al.*, 2016), bem como redução ou ausência de sementes, que constituem um dos focos principais para novas variedades de *A. squamosa*.

Na cultura da pinheira, há poucas variedades melhoradas no mundo, e a seleção ou introdução de novas variedades constitui uma das principais estratégias para o aprimoramento da espécie (DONADIO, 1997). No Brasil, a única variedade conhecida de pinha é a “*Brazilian Seedless*”, um mutante natural sem sementes, provavelmente introduzido no país. Apesar da aspermia, limitações como formato irregular dos frutos e problemas de conservação pós-colheita restringem sua recomendação para plantio comercial (PEREIRA *et al.*, 2011). Araújo *et al.* (1999) indicam algumas seleções de materiais superiores desenvolvidos para cultivo comercial, como Pinha FAO I, Pinha AP e Pinha FAO II, enquanto Carvalho *et al.* (2000) destacam as variedades IPA-18-2, IPA-17-2 e IPA-17-3. Essas variedades, junto com os acessos mutantes e a coleção de germoplasma, constituem a base para programas de melhoramento, permitindo a identificação e utilização de genótipos superiores para produção comercial e estudos de herança de caracteres desejáveis.

O programa de conservação e melhoramento de anonáceas da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), constitui um recurso genético importante para *A. squamosa* (pinheira) e híbridos de atemoia. A coleção de germoplasma de *A. squamosa* foi implantada em 2008, a partir de genótipos coletados em diversos municípios da região semiárida do norte de Minas Gerais. A partir dessa coleção, foram selecionados genótipos parentais com base em critérios agronômicos e moleculares, permitindo a formação de quatro famílias de meios-irmãos de pinheira (NOGUEIRA, 2021). Complementarmente, o acesso mutante denominado “*Brazilian Seedless*”, de pinheira sem sementes, foi incorporado ao programa e utilizado para estudos de herança da ausência de sementes e transferência desse caráter em cruzamentos intra- e interespecíficos (RODRIGUES, 2022). Esses esforços reforçam o papel do banco de germoplasma da UNIMONTES como base para programas de melhoramento, seleção de genótipos-matrizes e desenvolvimento de cultivares com características desejáveis para o cultivo de anonáceas.

3.5 Parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos

As estimativas de parâmetros genéticos constituem ferramentas essenciais para o estabelecimento e a otimização de programas de melhoramento genético, especialmente por permitirem a conservação de uma base genética adequada e a condução eficiente da seleção em populações vegetais perenes (RESENDE, 2002). De acordo com Cruz e Carneiro (2006), essas estimativas possibilitam avaliar a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento, favorecendo a obtenção de ganhos genéticos expressivos, além de fornecerem subsídios para a compreensão da natureza da ação gênica envolvida na herança e expressão dos caracteres de interesse.

Entre os parâmetros genéticos mais relevantes destacam-se as variâncias genotípica (V_g), fenotípica (V_f), ambiental (V_e) e a interação genótipo \times ambiente (V_{ge}). Esses componentes permitem identificar as fontes de variação dentro de uma população, possibilitando uma análise detalhada das influências genéticas e ambientais sobre os fenótipos. Além disso, o coeficiente de variação genética (CV_g) indica a presença de variabilidade genética e a possibilidade de alterações significativas por meio da seleção (RODRIGUES *et al.*, 1998).

A fração da variabilidade total de origem genética é denominada herdabilidade. Em seu sentido restrito, corresponde à proporção da variância fenotípica atribuída aos efeitos aditivos dos genes, refletindo o grau de associação entre o fenótipo e o genótipo. Assim, quanto maior a herdabilidade, melhor o desempenho fenotípico observado prediz o valor genético do indivíduo a ser selecionado (BOREM *et al.*, 2017). A compreensão desse parâmetro é fundamental para a definição das estratégias de seleção em programas de melhoramento, uma vez que caracteres com alta herdabilidade podem ser selecionados por métodos menos rigorosos, enquanto aqueles com baixa herdabilidade exigem estratégias mais refinadas para alcançar ganhos genéticos satisfatórios (RAMALHO e VENCOVSKY, 1978).

Estudos conduzidos com pinheira têm evidenciado altas herdabilidades associadas a características físicas, como massa fresca, comprimento e diâmetro do fruto, conforme observado por Anita *et al.* (2019), Jnápika *et al.* (2021) e Husain *et al.* (2023). Altas herdabilidades para o comprimento das flores também foram relatadas por Nogueira *et al.* (2022) em progênies de meios-irmãos de *A. squamosa*. Esses resultados reforçam a relevância das características físicas da pinha para programas de melhoramento, demonstrando que a variabilidade genética existente pode ser eficientemente explorada para a seleção de genótipos superiores.

Nesse contexto, a metodologia REML/BLUP surge como ferramenta essencial para a análise e predição de valores genotípicos, especialmente em espécies perenes com ciclos longos e avaliações repetidas ao longo do tempo. O uso de modelos mistos permite estimar componentes de variância de forma não tendenciosa (REML) e prever valores genéticos com precisão (BLUP), integrando dados de diferentes ambientes, anos e blocos experimentais. Dessa forma, é possível selecionar genótipos superiores não apenas pelo desempenho observado, mas também considerando adaptabilidade e estabilidade genotípica, garantindo maior confiabilidade na tomada de decisão e maximizando os ganhos genéticos nos programas de melhoramento da pinha.

3.6 Modelos mistos no melhoramento genético de plantas

Espécies vegetais perenes, como a pinheira, apresentam características biológicas singulares, tais como ciclo reprodutivo prolongado, acentuada variação anual na produção, sobreposição de gerações, expressão de caracteres ao longo de vários anos e diferenças em precocidade e longevidade produtiva. Em virtude dessas particularidades, a predição dos valores genotípicos dos candidatos à seleção constitui uma etapa de fundamental importância no processo de melhoramento da espécie. Contudo, os métodos tradicionais de estimação baseados na análise da variância mostram-se limitados para o tratamento de dados provenientes de plantas perenes, em razão da estrutura complexa desses experimentos e da recorrência de medições ao longo do tempo. Nesse contexto, o procedimento analítico atualmente

reconhecido como padrão para estudos de genética quantitativa e para a prática da seleção em espécies perenes é o REML/BLUP (RESENDE, 2007).

De acordo com Resende (2002), a metodologia dos modelos mistos foi inicialmente descrita por Henderson (1949) para avaliação genética de bovinos, sendo posteriormente formalizada em Henderson (1973). O avanço tecnológico observado nas décadas seguintes, especialmente a partir dos anos 1980, possibilitou a aplicação prática dessa abordagem em programas de melhoramento vegetal, inclusive em espécies perenes, viabilizando análises mais robustas e precisas.

A metodologia baseada em modelos mistos (REML/BLUP) permite obter estimativas não tendenciosas dos componentes de variância, por meio do método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), e prever valores genéticos e genotípicos de forma eficiente pelo procedimento BLUP, o melhor preditor linear não viesado. Essa abordagem conduz à maximização do ganho genético, ao permitir a avaliação e a ordenação precisa dos candidatos à seleção (VIANA e RESENDE, 2014). Nesse modelo, os efeitos de tratamentos são geralmente considerados como aleatórios, enquanto os efeitos ambientais podem ser fixos ou aleatórios. Assim, a utilização dos modelos mistos em espécies perenes proporciona análises mais consistentes, aumentando a precisão da seleção e garantindo previsões de ganhos genéticos mais confiáveis (ALMEIDA, 2017).

Entre as principais vantagens do uso dos modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e previsão de valores genotípicos, destacam-se: (a) a possibilidade de aplicação a conjuntos de dados desbalanceados; (b) a dispensa de experimentos com estrutura rígida; (c) a integração simultânea de um grande volume de informações provenientes de múltiplos experimentos, resultando em estimativas mais acuradas; (d) o ajuste dos dados para efeitos ambientais e a previsão precisa e imparcial dos valores genotípicos, favorecendo a maximização do ganho genético por seleção; (e) a comparação de indivíduos ao longo do tempo (anos e gerações) e em diferentes ambientes (locais e blocos); e (f) a capacidade de manejar estruturas complexas de dados, incluindo medições repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos experimentais (VIANA e RESENDE, 2014).

Diversos estudos com espécies vegetais perenes vêm demonstrando a elevada eficácia da seleção genotípica utilizando modelos mistos, com resultados expressivos no melhoramento de frutíferas como a pinheira, a goiabeira, o mamoeiro e a laranjeira-doce (CAPISTRANO *et al.*, 2021; AMBRÓSIO *et al.*, 2021; NOGUEIRA *et al.*, 2022; RODRIGUES, 2025). Essas pesquisas reforçam a aplicabilidade e a precisão da metodologia na obtenção de ganhos genéticos em culturas de ciclo longo.

No contexto do melhoramento genético, a adaptabilidade é definida como a capacidade dos genótipos de responder favoravelmente às variações ambientais, enquanto a estabilidade refere-se à habilidade de manter um desempenho previsível frente às diferentes condições de cultivo (BORÉM *et al.*, 2017). Assim, as metodologias empregadas para avaliar adaptabilidade e estabilidade genotípica em múltiplos ambientes complementam as análises de variância individual e conjunta. Além disso, a identificação de uma interação significativa entre genótipos e ambientes é condição essencial para a condução de análises consistentes dos dados provenientes de experimentos realizados em diversas localidades ou safras (SARTI *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o uso do REML/BLUP permite estimar simultaneamente adaptabilidade e estabilidade genotípica. Esses parâmetros são obtidos a partir dos valores genéticos preditos, que podem ser combinados em diferentes estatísticas, como a Média Harmônica dos Valores Genéticos (MHVG), a

Performance Relativa dos Valores Genéticos (PRVG) e a Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG) (RESENDE, 2002; 2007). A adaptabilidade genotípica, estimada pelo método PRVG, expressa os valores genotípicos como proporção da média geral de cada safra, sendo posteriormente calculada a média dessas proporções entre safras (RESENDE, 2007). Já a estabilidade genotípica, avaliada pelo MHVG, considera simultaneamente o desempenho e a regularidade dos genótipos ao longo das safras, de modo que menores desvios-padrão indicam maior estabilidade. Assim, a seleção é realizada com base nos maiores valores de MHVG. Por fim, o método MHPRVG integra estabilidade e adaptabilidade em uma única métrica, permitindo a seleção de genótipos superiores por meio da análise conjunta desses parâmetros, com base em modelos mistos (RESENDE, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 *Material genético*

Foram avaliados três clones elite, identificados como UNI-1, UNI-2 e UNI-3 e provenientes da seleção de três progênies de meios-irmãos, obtidos de acessos pertencentes à coleção de germoplasma de *A. squamosa* da UNIMONTES (NOGUEIRA *et al.*, 2022). Os clones elite UNI-1 e UNI-2 apresentam coloração verde dos frutos, enquanto o clone elite UNI-3 apresenta frutos com coloração vermelho-rosa. As mudas dos clones elite foram produzidas por meio de enxertia, sendo utilizado o cavalo da mesma espécie, as mudas permaneceram em viveiro telado por cerca de 11 meses. Após este período, foram transplantadas em dezembro 2020, com espaçamento de 2 m na linha de plantio e 4 m na entrelinha sob sistema de irrigação por gotejamento.

4.2 *Localização e caracterização climática da área experimental*

Os clones elite (UNI-1, UNI-2 e UNI-3) foram cultivados na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), localizada no município de Janaúba, Minas Gerais, Brasil. A área está situada a uma altitude de 516 metros e apresenta clima tropical úmido de savana, com inverno seco, classificação Aw, segundo Köppen (1948), com temperatura média invernal de 22°C e verão de 24,4°C, e o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (SANTOS *et al.*, 2006).

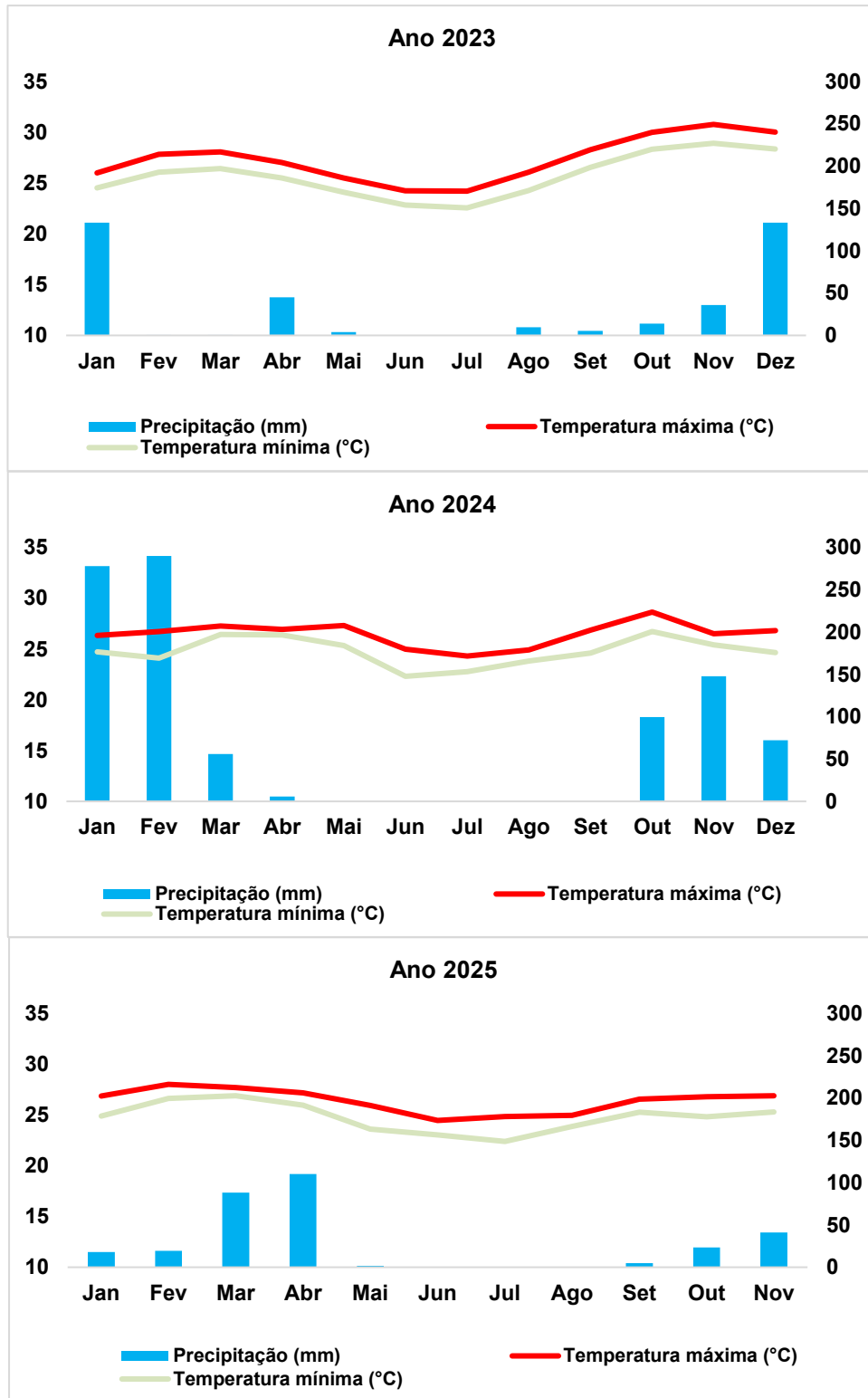


Figura.1 Precipitação, temperaturas médias máximas e mínimas durante os anos de 2023, 2024 e 2025 no município de Janaúba, Minas Gerais. Fonte: INMET, 2025.

4.3 Delineamento experimental, manejo e avaliações agronômicas

Os clones elite foram distribuídos em delineamento em blocos ao acaso (DBC), composto por quatro blocos e seis plantas por parcela. As avaliações foram conduzidas ao longo de dois anos e seis meses, correspondentes ao terceiro (2023), ao quarto (2024) e quinto (2025) anos após o transplante. Em cada

ano foram avaliadas duas safras: inverno de 2023, 2024 e 2025 (junho a julho) e verão de 2023 e 2024 (dezembro a janeiro), totalizando cinco safras.

Durante a condução do experimento, foram aplicados os tratos culturais recomendados para a espécie, incluindo poda de formação, poda de produção, controle de plantas daninhas, irrigação, manejo fitossanitário e adubação (PEREIRA e BORÉM, 2021). Foram realizadas cinco podas de produção (3°, 4° e 5° anos após o transplântio para campo). As podas foram realizadas preferencialmente nos meses de janeiro e agosto, sempre após a finalização da colheita. A poda de produção consistiu no encurtamento dos ramos, mantendo-os com 20 a 30 cm, e na remoção de todas as folhas, a fim de estimular o desenvolvimento vegetativo das gemas axilares, favorecendo a floração, e frutificação (PEREIRA *et al.*, 2021).

A fim de avaliar a produção e caracterização dos clones, a polinização artificial foi conduzida conforme descrito por Pereira *et al.* (2021). As flores funcionalmente pistiladas (estádio pré-fêmea ou fêmea) foram identificadas e polinizadas manualmente no período da manhã (7h às 10h), utilizando grãos de pólen obtidos de flores coletadas no estágio feminino no dia anterior, as quais atingiram o estágio masculino no momento da extração do pólen. As flores utilizadas para a coleta do pólen foram provenientes das plantas de bordadura do ensaio.

Em relação aos aspectos florais quantitativos foi avaliado o comprimento da flor (CF, em mm) de 10 flores por parcela no estágio pré-fêmea, medido com paquímetro digital. Além disso, foram analisados cinco frutos de cada parcela, provenientes de polinização artificial, colhidos no ponto de maturação fisiológica (MENDES *et al.*, 2017). Os frutos foram previamente identificados e mantidos em laboratório e as seguintes características foram avaliadas: massa fresca (MFR, g), comprimento (CFR, mm) e diâmetro (DFR, mm), determinados logo após a colheita com balança de precisão e paquímetro digital. Os frutos foram mantidos sob temperatura constante de 25 °C, até a completa maturação e as características de massa da polpa (MP, g), da casca (MC, g) e de sementes (MS, g), foram obtidas com balança de precisão; número de sementes por fruto (NSE); teor de sólidos solúveis (SS), expresso em graus Brix (°Brix), determinado por refratometria; pH, medido com peagâmetro digital; acidez total titulável (ATT), quantificada por titulometria com NaOH (0,1 N), de acordo com a metodologia da AOAC (1992), com resultados expressos em mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de amostra. Por fim, a produção por planta (P) foi estimada considerando-se a produção média de uma planta adulta, assumida como 30 frutos por planta. Para cada planta, multiplicou-se o número médio de 30 frutos pela massa média dos frutos, obtendo-se a produção em kg planta⁻¹.

A produtividade (PROD) foi estimada a partir desses valores de produção por planta, utilizando o espaçamento de 2 m × 4 m entre as plantas, e expressa em kg ha⁻¹.

4.4 Análise descritiva

Para as variáveis sólidos solúveis (SS), pH (pH), acidez titulável (AT), produção (P), produtividade (PROD), fração de casca, fração de semente e fração de polpa, utilizaram-se os dados obtidos nas cinco safras avaliadas. A análise estatística descritiva dessas variáveis foi realizada no programa Genes (CRUZ, 2013).

Para as variáveis massa fresca do fruto e comprimento da flor, efetuou-se a análise da distribuição de frequência, com definição de classes construídas com base nos dados obtidos no presente estudo pelo autor, também utilizando o programa Genes (CRUZ, 2013).

4.5 Caracterização morfológica (qualitativa e quantitativa)

Foram obtidas imagens fotográficas digitais de cada clone elite durante uma safra para a confecção de pranchas com objetivo de identificação das seguintes características: formato e coloração dos frutos, coloração e textura da casca (incluindo as saliências dos carpelos), formato das folhas, coloração das folhas, formato das flores, coloração das flores, e formato e coloração das sementes (adaptado de Bioversity International and CHERLA, 2008).

Para o comprimento das folhas foram utilizadas 50 folhas por clone elite, distribuídas pelos quadrantes da copa. Para o formato e coloração das sementes foram utilizadas 50 sementes por clone elite. O comprimento das flores, calcularam-se médias para cada parcela dentro de cada clone elite avaliado. Análise estatística, utilizaram-se estatística descritiva, expressando-se os dados por médias e desvios-padrão, conforme a natureza das variáveis.

4.6 Análises genético-estatísticas

As análises genéticas foram realizadas via Modelos Mistos, com o procedimento REML/BLUP (RESENDE, 2007). As avaliações de todas as colheitas foram analisadas de acordo com o modelo 55 (RESENDE, 2007), descrito da seguinte forma:

$$y = Xm + Zg + Wb + Ti + e,$$

em que y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), b é vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas no caso) (aleatórios), i é o vetor dos efeitos da interação genótipos x medições e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). O vetor m contempla todas as medições em todas as repetições e ajusta simultaneamente para os efeitos de repetições, medição e interação repetições x medições. É essencial que as medições sejam codificadas com diferentes números nas diferentes repetições.

Os componentes de variância (análise REML individual) obtidos foram os seguintes: variância genotípica (V_g); variância de ambiente permanente (V_{perm}), variância da interação genótipos x medições (V_{gm}), variância residual temporária (V_e), variância fenotípica individual (V_f), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais (h^2_g), repetibilidade ao nível de parcela (r), dada por $[(V_g + V_{perm})/V_f]$, coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente (c^2_{perm}), coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x medições (c^2_{gm}), correlação genotípica através da medições (rg_{med}), herdabilidade da média de genótipos (h^2_{mg}), acurácia na seleção de genótipos (Ac_{gen}) e a média geral do experimento.

A significância dos efeitos aleatórios do modelo estatístico foi testada utilizando o teste da razão de verossimilhança (LRT), conforme descrito por Rao (1973), definido como:

$$LRT = -2(\log_e L_p - \log_e L_{p+1}),$$

em que L_{p+1} e L_p representam os valores máximos da função de verossimilhança restrita associados ao modelo completo (L_{p+1}) e ao modelo reduzido (L_p), respectivamente. A significância foi avaliada por meio da distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade e nível de 5% de significância.

O software SELEGEN foi utilizado para a abordagem REML/BLUP e para adaptabilidade e estabilidade (RESENDE, 2007). Os Clones foram ranqueados de acordo com os valores genotípicos encontrados. Foram calculadas também as correlações de Pearson entre os valores genético-aditivos individuais das nove características analisadas com base nos três clones elite com auxílio do software R. Para a melhor visualização das estimativas de correlação foi realizada a dispersão gráfica em rede com o auxílio do pacote qgraph (EPSKAMP *et al.*, 2012).

5 RESULTADOS

5.1 Análise descritiva dos clones elite

Os valores mínimos, máximos e as médias de 8 características morfoagronômicas foram mensurados em três Clones Elite (Tabela 1). Os maiores coeficientes de variação foram observados para a fração de sementes (35,62%) e pela produtividade (31,96%). O menor valor foi observado para pH (5,0%).

Tabela 1. Estatística descritiva para 8 características morfoagronômicas de três clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)	Clones Elite		
						UNI-1	UNI-2	UNI-3
SS	16,3	26,23	21,65	2,39	11,06	22,37	21,20	21,36
PH	4,66	5,66	5,28	0,26	5,0	5,29	5,30	5,25
AT	0,28	0,58	0,39	0,058	14,86	0,38	0,38	0,40
P (kg planta ⁻¹)	5,13	17,64	10,06	3,22	13,28	10,39	10,91	8,88
PROD (t ha ⁻¹)	6,4	22,06	12,58	4,02	31,96	12,9	13,6	11,1
%Casca	37,23	60,18	48,17	4,88	10,13	49,20	47,50	47,81
%Semente	2,70	16,77	9,56	3,40	35,62	9,98	9,91	8,78
%Polpa	29,71	56,58	42,26	5,22	12,34	40,80	42,58	43,39

DP: desvio padrão; CV (%): coeficiente de variação em percentagem; Sólidos Solúveis (SS), pH (PH), Acidez titulável (AT), produção (P) e produtividade (PROD).

Em relação ao maior teor de sólidos solúveis (°Brix) foi observado, média de 21,65 e CV de 11,06%, sendo o maior valor observado na UNI-1 (22,37). O pH variou de 4,66 a 5,66, com média de 5,28 e baixo coeficiente de variação (5,0%). Os valores observados para UNI-1, UNI-2 e UNI-3 foram, respectivamente, 5,29, 5,30 e 5,25. Para AT, a média observada foi de 0,39, o UNI-3 apresentou o maior valor de AT (Tabela 1).

Para a produção e produtividade as medias observadas foram de 10,06 kg/planta e 12,58 t ha⁻¹, respectivamente, sendo os maiores valores no clone elite UNI-2, alcançando valores de 10,91 kg/planta e 13,63 t ha⁻¹ (Tabela 1).

Em relação à fração dos frutos, a casca variou de 37,23% a 60,18%, com média de 48,17% e CV de 10,13%. Para a fração sementes, observou-se ampla variação, de 2,70% a 16,77%, com média de 9,56% e elevado CV de 35,62%. A fração da polpa variou de 29,71% a 56,58%, com média de 42,26% e CV de 12,34%. Os frutos da UNI-3 possuem maior porcentagem de polpa nos frutos em relação aos demais clones elite (43,39%) e a menor %sementes (8,78%). A maior porcentagem de casca foi observada na UNI -1, com 49,20% (Tabela 1).

5.2 Caracterização morfológica e agrônômica dos clones elite

Os clones elite UNI-1 e UNI-2 apresentaram forma de lâmina foliar do tipo oblongo-elíptica, enquanto o UNI-3 possui formato obovada-elíptica (Figura 2). Todos os clones elite possuem base no formato arredondado e ápice acuminado, margem inteira, além de possuir coloração verde das folhas em estado juvenil. Quando maduras as folhas do UNI-1 e UNI-2 possuem coloração verde escura, sendo diferente da observado no UNI-3 que possui um tom mais arroxeado.

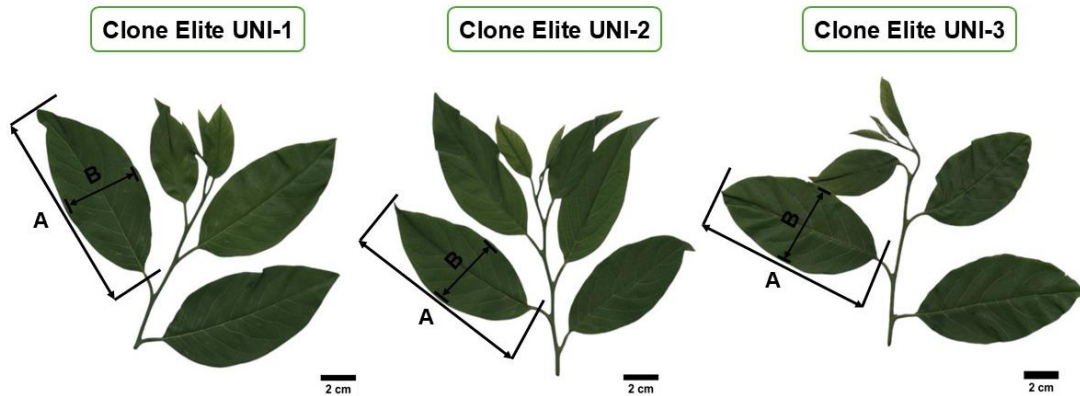


Figura 2. Forma de lâmina foliar de três clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025. A. Comprimento máximo da lâmina. B. Largura máxima.

Em torno de 15 dias após a poda foi possível observar botões florais em todos os clones elite. As flores dos clones elite UNI-1 e UNI-2 são classificadas como grandes, contudo, o clone elite UNI-3 é classificado com tamanho médio (Tabela 2). O UNI-1 apresenta pétalas mais estreitas, lanceoladas e maior abertura no estágio feminino. O UNI-2 possui pétalas mais largas e lanceoladas. Em relação a coloração, ambos os clones elite (UNI-1 e UNI-2) possuem coloração verde claro das pétalas, na região interna possuem coloração creme. O UNI-3 possui pétalas lanceoladas, coloração verde amarronzado, e na região interna apresenta coloração avermelhada, o estigma também apresenta essa tonalidade. Todos possuem textura lisa (Figura 3).

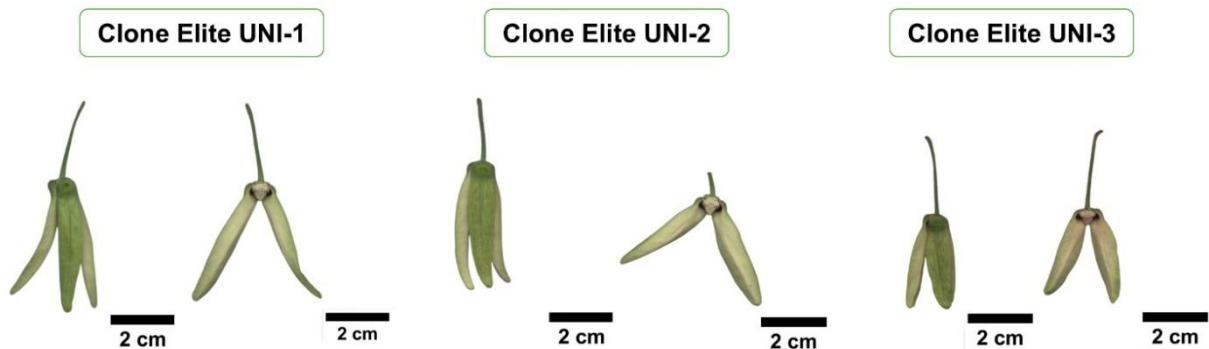


Figura 3. Comprimento de flores e coloração das pétalas de três clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025.

Tabela 2. Distribuição de frequência por classes em três clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025.

Variável	Classe
Massa fresca do fruto (g)	Pequeno: 171,02 à 310,08 ; Médio: 310,08 à 449,15; Grande: 449,15 à 588,21
Comprimento da flor (mm)	Pequeno: 20,38 à 24,61 ; Médio: 24,61 à 28,85; Grande: 28,85 à 33,08

Para as características dos frutos, em relação a massa fresca do fruto, os frutos do UBI-3 foram considerados pequenos na classificação, enquanto os frutos da UNI-1 e UNI-2, foram considerados com tamanho médio de frutos (Tabela 2). Em todos os frutos foram observadas saliências no exocarpo, simetria, uniformidade e sem abrasão. Os clones elite UNI -1 e UNI- 2, possuem casca de coloração verde, polpa de coloração creme quando maduros, sendo diferente apenas ao UNI-3 que possui coloração vermelha na casca. O UNI-2 e UNI-3 possuem formato cônico, e o UNI-1 possui formato cordiforme (Figura 4).

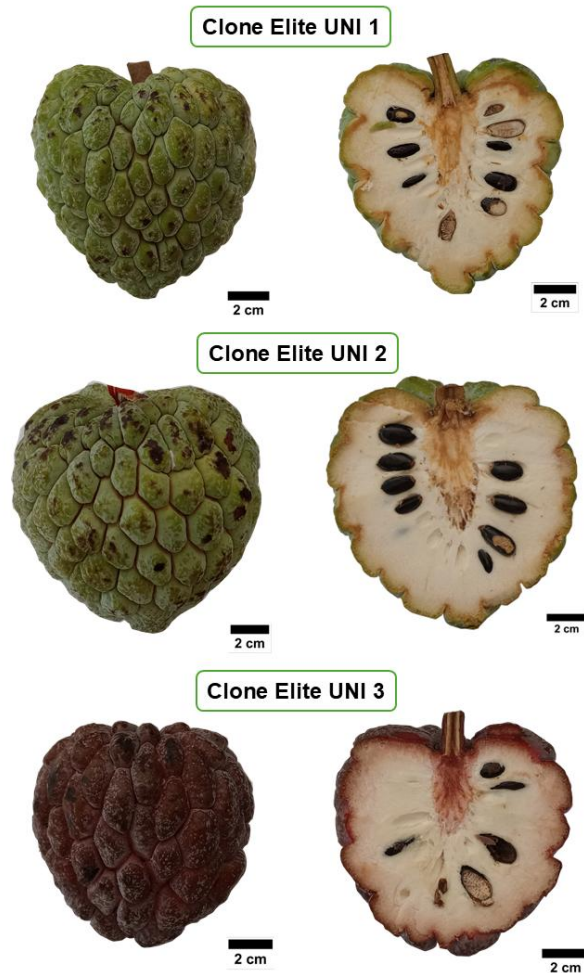


Figura 4. Características morfológicas (formato, coloração e saliências) de frutos dos três clones elite de *A. squamosa*. Corte longitudinal de frutos. Brasil, 2025. Corte longitudinal em frutos imaturos.

As sementes dos clones elite são glabras, forma oblonga e de coloração preta. (Figura 5).



Figura 5. Sementes dos três clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025.

5.3 Teste de razão de verossimilhança (LRT)

O modelo matemático adotado para a avaliação dos descritores quantitativos mostrou-se adequado pela análise de Deviance (ANADEV) por meio do teste de razão de verossimilhança (LRT). Os efeitos genéticos (Vg) foram estatisticamente significativos para CF, CFR, DFR, MS, MP e NSE. Em contraste, MFR e MC não apresentaram efeito genético significativo (Tabela 3).

O efeito de interação das medições (Vgm) foi significativo para CFR, DFR, MS e NSE. Os componentes permanentes (Vperm) mostraram significância para MS e NSE.

Tabela 3. Teste de razão de verossimilhança (LRT) para as variáveis físicas de frutos de três clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025.

Variáveis	Efeito		
	Vg	Vgm	Vperm
CF	-15,27**	0 ^{ns}	-0,59 ^{ns}
MFR	-1,52 ^{ns}	1,2 ^{ns}	2,72 ^{ns}
CFR	-4,59**	4,47**	0,11 ^{ns}
DFR	-7,01**	7**	0,01 ^{ns}
MC	-1,9 ^{ns}	-1,05 ^{ns}	2,93 ^{ns}
MS	-5,87**	5,86**	-259,24**
MP	29,35**	-3,19 ^{ns}	3,19 ^{ns}
NSE	-204,3**	-38,89**	38,88**
P	-1,52 ^{ns}	-2,72 ^{ns}	0,0 ^{ns}

ns, *, **, não significativo, significativo a 5% e 1% pelo LRT, respectivamente. Comprimento da flor (CF), massa do fruto (MFR), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP), número de sementes (NSE) e produção (P).

5.4 Estimativas dos parâmetros genéticos

Com base nas estimativas de componentes de variância entre os clones elite, podemos destacar a maior porcentagem para comprimento das flores (CF), com valor de 74 %, e a menor porcentagem da variação fenotípica individual de origem genética foi de 21% para a Massa do fruto (MFR) e Produção (P). As demais variáveis apresentaram contribuição da variância genética de moderada a baixa entre os clones elite (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos componentes de variância (REML individual) de clones elite de *A. squamosa*. Brasil, 2025

Parâmetros	CF	MFR	CFR	DFR	MC	MS	MP	NSE	P
Vg	6,01	899,98	14,33	14,96	234,86	24,23	189,81	65,03	0,81
Vgm	0,24	13,83	0,39	0,054	11,10	0,079	1,41	0,183	0,012
Vperm	0,017	811,62	1,32	0,31	175,48	0,53	8,62	1,09	0,730
Ve	1,85	2590,19	26,51	18,15	517,30	40,67	568,31	105,65	2,33
Vf	8,13	4315,63	42,55	33,49	938,76	65,51	768,16	171,96	3,88
h ² g	0,74	0,21	0,33	0,44	0,25	0,36	0,24	0,38	0,21
r	0,74	0,39	0,37	0,45	0,43	0,37	0,25	0,38	0,40
C ² gm	0,030	0,003	0,009	0,0016	0,012	0,0012	0,0018	0,003	0,003
C ² perm	0,002	0,188	0,031	0,0093	0,18	0,0081	0,011	0,006	0,19
Rgmed	0,96	0,98	0,97	0,99	0,95	0,99	0,99	0,99	0,98
H ² MG	0,98	0,73	0,89	0,94	0,76	0,91	0,86	0,92	0,73
Média Geral	28,36	335,42	87,27	86,49	133,64	24,78	120,43	60,25	10,06

Variância genotípica (Vg); variância de ambiente permanente (Vperm), variância da interação genótipos x medições (Vgm), variância residual temporária (Ve), variância fenotípica individual (Vf), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais (h²g), repetibilidade ao nível de parcela (r), coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente (c²perm), coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x medições (c²gm), correlação genotípica através da medições (rgmed), herdabilidade da média de genótipos (h²mg) e Média geral do experimento. Massa do fruto (MFR), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP), número de sementes (NSE), comprimento da flor (CF) e produção (P)

Os componentes de variância residual (Ve) foram predominantes para todas as variáveis, com exceção para o comprimento da flor (Tabela 4). A variância do ambiente permanente (Vperm) apresentaram valores baixos para todas as variáveis com exceção da massa fresca do fruto (MFR) e massa da casca (MC), com 18,8 e 18,6 % respectivamente. A variância da interação genótipos x medições (Vgm) apresentou valores baixos para todas as variáveis.

A classificação de herdabilidade proposta por Resende (2002), indica, alta magnitude (h² > 0,50), mediana (0,15 < h² < 0,50) e baixa (h² < 0,15). Para o CF foi observado alta herdabilidade individual (h² = 0,74), indicando que essa característica é majoritariamente controlada influência genética. Valores moderados de herdabilidade foram estimados para CFR (h²= 0,33), DFR (h²= 0,44), NSE (h²= 0,38), MS (h²= 0,36) e MP (h² = 0,24),

As estimativas das proporções da variância da interação genótipo x medições (C²gm) evidenciaram magnitudes baixas para a maioria das variáveis avaliadas, apresentando estimativas inferiores a 1%, o que demonstra elevada estabilidade entre as safras (Tabela 4).

A variância ambiental permanente (C²perm) para algumas variáveis apresentou valores acima de 10% em MFR (0,188), MC (0,18) e P (0,19).

As estimativas da correlação genotípica média entre medições (Rgmed) apresentaram valores elevados para a maioria dos caracteres (>0,95) (Tabela 4).

O coeficiente de repetibilidade (r) apresentou variação, alcançando valores acima de 0,40 para as variáveis CFR, DFR, MC e P, considerados como moderados. Para CF, a repetibilidade foi elevada (0,74).

Contudo a variáveis MP apresentou valor baixo (menor que 30%). O coeficiente de determinação genotípica em nível de médias de clones (H^2_{mg}) apresentou estimativas superiores a 0,70 para todos os caracteres morfológicos avaliados, com destaque para CF (0,98), CFR (0,89), DFR (0,94), NSE (0,92) e MC (0,76).

5.5 Análise dos componentes de média (BLUP)

A tabela 4 mostra as classificações dos valores genotípicos, ganho genético e a nova média (BLUP individual) para os três clones elite (UNI-1, UNI-2 e UNI-3). A predição dos componentes de média, revelou diferenças entre os clones elite avaliados. O caractere que obteve a maior porcentagem de ganho genético foi MS (15,83%) e o menor CFR.

Para o CF, o clone elite UNI-1 apresentou maior porcentagem de ganho genético (5,29%), alcançando média ajustada de 29,87 mm, sendo superior ao desempenho dos demais.

Na MFR, o clone elite UNI-2 destacou-se com a maior porcentagem de ganho (6,16%), resultando em média ajustada de 356,08 g, superior ao clone elite UNI-1 (343,42 g) e ao clone elite UNI-3 (306,77 g). O clone elite UNI-2 também apresentou as maiores porcentagens de ganhos de CFR e DFR (3,16% e 4,86%, respectivamente).

Em relação à MC e à MP, o clone elite UNI-2 apresentou maiores valores, alcançando médias ajustadas de 144,22 g e 134,30 g, respectivamente, ambas superiores às demais, apresentando um maior ganho.

A MS teve a maior porcentagem de ganho no clone elite UNI-2 (15,83%). Para o NSE, o clone elite UNI-1 apresentou maior número, alcançando nova média de 65,53 sementes por fruto.

Na variável P, o clone elite UNI-2 apresentou o melhor resultado, média ajustada de 10,68 kg planta⁻¹, com porcentagem de ganho de 6,16% indicando maior potencial produtivo em relação ao Clone Elite UNI-1 (10,29 kg planta⁻¹) e ao UNI-3 (10,06 kg planta⁻¹).

Tabela 5. Estimativa de ganho (análise BLUP individual) para seleção de três clones elite (UNI-1, UNI-2 e UNI-3) de *A. squamosa* para nove variáveis avaliadas em cinco safras. Brasil, 2025.

Variável	Ordem	1°	2°	3°
CF	Clones	UNI-1	UNI-2	UNI-3
	g	1,50	1,28	-2,79
	u + g	29,87	29,65	25,57
	Ganho	1,50	1,39	0,00
	Nova média	29,87	29,76	29,66
	u+g+gem	29,88	29,66	25,55
	% Ganho	5,29%	4,90%	0%
MFR	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	20,65	7,99	-28,65
	u + g	356,08	343,42	306,77
	Ganho	20,65	14,32	0,00
	Nova média	356,08	349,75	335,42
	u+g+gem	356,14	343,44	306,68
	% Ganho	6,16%	4,35%	0%

...Continua...

Tabela 5. Cont.

CFR	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	2,7537	1,28	-4,0410
	u + g	90,0252	88,55	83,2305
	Ganho	2,7537	2,02	0,0000
	Nova média	90,0252	89,29	87,2715
	u + g + gem	90,0401	88,56	83,2086
	% Ganho	3,16%	2,33%	0%
DFR	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	4,20	-1,23	-2,97
	u + g	90,70	85,25	83,52
	Ganho	4,20	1,48	0,00
	Nova média	90,70	87,97	86,49
	u + g + gem	90,70	85,25	83,51
	% Ganho	4,86%	1,77%	0%
MC	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	10,57	4,49	-15,07
	u + g	144,22	138,13	118,56
	Ganho	10,57	7,53	0,00
	Nova média	144,22	141,18	133,64
	u + g + gem	144,32	138,18	118,41
	% Ganho	7,91%	5,77%	0%
MS	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	4,22	0,87	-5,10
	u + g	30,87	27,51	21,54
	Ganho	4,22	2,55	0,00
	Nova média	29,004	27,33	24,78
	u + g + gem	29,007	25,66	19,69
	% Ganho	15,83%	10,22%	0%
MP	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	13,86	-2,56	-11,30
	u + g	134,30	117,87	109,13
	Ganho	13,86	5,65	0,00
	Nova média	134,30	126,08	120,43
	u + g + gem	134,32	117,86	109,11
	% Ganho	11,51%	5,03%	0%
NSE	Clones	UNI-1	UNI-2	UNI-3
	g	5,27	3,60	-8,88
	u + g	65,53	63,86	51,37
	Ganho	5,27	4,44	0,00
	Nova média	65,53	64,69	60,25
	u + g + gem	65,53	63,86	51,37
	% Ganho	8,75%	7,47%	0%
P	Clones	UNI-2	UNI-1	UNI-3
	g	0,62	0,24	-0,86
	u + g	10,68	10,30	9,20
	Ganho	0,62	0,43	0,00
	Nova média	10,68	10,49	10,06
	u + g + gem	10,68	10,30	9,2
	% Ganho	6,16%	2,38%	0%

g: efeito genotípico predito; u + g: média genotípica ou valores genotípicos. Massa do fruto (MFR), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP), número de sementes (NSE), comprimento da flor (CF) e produção(P).

5.6 Análise de estabilidade e adaptabilidade

Para os caracteres CF, MFR, CFR, DFR, MC, MS e MP não houve divergência entre os três parâmetros de estabilidade e adaptabilidade (MHVG, PRVG e MHPRVG), destacando-se de forma consistente o clone elite UNI-2 como superior, seguido pelo clone elite UNI-1 e, por último, o clone elite UNI-3 (Tabela 6).

Para o caráter NSE, os critérios MHVG e PRVG apresentaram ranqueamentos ligeiramente diferentes. A estabilidade foi maior no UNI-1, seguido pelos UNI-2 e UNI-3, enquanto para a adaptabilidade destacaram-se os Clones UNI-1 e UNI-2. Já na análise simultânea (MHPRVG), observou-se ranqueamento semelhante ao obtido pelo PRVG, reforçando a adaptabilidade do UNI-1 e o desempenho intermediário do UNI-2.

Para produção (P), os clones mais estáveis foram ranqueados como 1, 2 e 3. A análise simultânea pelo MHPRVG manteve o padrão do PRVG, confirmando a superioridade do UNI-2 para este caráter.

De forma geral, considerando os caracteres avaliados nas cinco safras, os métodos MHVG, PRVG e MHPRVG apresentaram resultados majoritariamente concordantes, classificando de maneira semelhante os clones dentro de cada caráter. O Clone elite UNI-3 mostrou-se menos adaptado e estável que os demais, ficando sempre em última posição no rank.

Tabela 6. Estabilidade de valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade de valores genotípicos (PRVG), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG) para os caracteres avaliados em cinco safras. Brasil, 2025.

Comprimento da Flor (CF)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-1	29,8182	1,0539	29,8955	1,0537	29,8920
2	UNI-2	29,5835	1,0458	29,6683	1,0458	29,6673
3	UNI-3	25,4527	0,9003	25,5393	0,9002	25,5365
Massa Fresca do Fruto (MFR)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-2	333,2706	1,0667	357,7896	1,0663	357,6810
2	UNI-1	319,5811	1,0257	344,0368	1,0256	344,0219
3	UNI-3	279,9260	0,9077	304,4508	0,9069	304,2130
Comprimento do Fruto (CFR)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-2	89,0396	1,0320	90,0663	1,0320	90,0656
2	UNI-1	87,5800	1,0151	88,5902	1,0151	88,5895
3	UNI-3	82,1332	0,9529	83,1579	0,9528	83,1551
Diâmetro do Fruto (DFR)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-2	89,9324	1,0491	90,7422	1,0491	90,7403
2	UNI-1	84,4394	0,9856	85,2472	0,9856	85,2471
3	UNI-3	82,6813	0,9653	83,4903	0,9653	83,4893
Massa da Casca (MC)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-2	133,2794	1,0878	145,3790	1,0871	145,2854
2	UNI-1	126,4107	1,0365	138,5117	1,0363	138,4976
3	UNI-3	104,8476	0,8757	117,0305	0,8741	116,8133
Massa da Semente (MS)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-2	28,5087	1,1744	29,1110	1,1736	29,0932
2	UNI-1	25,0940	1,0363	25,6884	1,0362	25,6874
3	UNI-3	18,8971	0,7894	19,5674	0,7876	19,5241

...Continua...

Tabela 6. Cont.

Massa da Polpa (MP)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-2	119,7628	1,1333	136,4914	1,1310	136,2119
2	UNI-1	101,0892	0,9754	117,4768	117,4662	117,4662
3	UNI-3	90,7544	0,8913	107,3394	107,0877	107,0877
Número de Sementes (NSE)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-1	63,3640	1,1007	65,0030	1,1004	64,9862
2	UNI-2	58,7072	1,0219	60,3496	1,0219	60,3490
3	UNI-3	50,1582	0,8775	51,8221	0,8770	51,7936
Produção (P)						
Ordem	Clone Elite	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRGV	MHPRVG*MG
1	UNI-1	9,998	1,0667	10,7337	1,0663	10,7304
2	UNI-2	9,5875	1,0257	10,3211	1,0256	10,3207
3	UNI-3	8,3978	0,9077	9,1336	0,9069	9,1254

Massa do fruto (MFR), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP), número de sementes (NSE), comprimento da flor (CF) e produção (P).

5.7 Correlações de Pearson

Não foram observadas correlações negativas entre os caracteres avaliados, e importantes associações foram identificadas entre características físicas dos frutos e produção. Dentre as correlações mais elevadas, destacaram-se as relações entre massa fresca do fruto (MFR) com diâmetro (DFR), comprimento (CFR), massa da polpa (MP) e massa da casca (MC), evidenciando forte integração entre os componentes de tamanho e peso do fruto. Também foi observada associação positiva entre diâmetro do fruto (DFR) e comprimento do fruto (CFR), indicando que frutos com maior diâmetro tendem a apresentar maior comprimento (Figura 8).

Além disso, a produção (P) apresentou altas correlações positivas com quase todos os caracteres morfológicos e produtivos, destacando-se as associações com massa fresca do fruto (MFR) ($r = 1,000$), massa da casca (MC) ($r = 1,000$), comprimento do fruto (CFR) ($r = 0,999$) e massa de sementes (MS) ($r = 0,994$). Esses resultados indicam que plantas mais produtivas também tendem a produzir frutos maiores e mais pesados, com componentes estruturais bem desenvolvidos (Figura 8).

As estimativas das correlações de Pearson entre os caracteres morfológicos e produtivos dos três clones elite evidenciaram associações positivas e significativas entre todas as variáveis avaliadas. Entre as correlações mais altas, destacaram-se as relações entre MFR com CFR ($r = 0,999$), MC ($r = 1,000$) e MS ($r = 0,994$). Outras associações fortes e de grande importância foram observadas entre comprimento médio da flor (CF) e MFR ($r = 0,957$), CFR ($r = 0,968$) e MC ($r = 0,963$), evidenciando que flores mais longas estão associadas à formação de frutos maiores e mais pesados.

A massa da polpa (MP) apresentou correlação muito alta com o diâmetro do fruto (DFR) ($r = 0,993$) e manteve correlações positivas com MFR ($r = 0,901$) e MS ($r = 0,944$), sugerindo que frutos maiores em diâmetro possuem maior rendimento de polpa. A variável número de sementes por fruto (NSE) mostrou correlação forte com CF ($r = 0,953$) e MFR ($r = 0,823$), indicando que frutos maiores tendem a conter maior número de sementes.

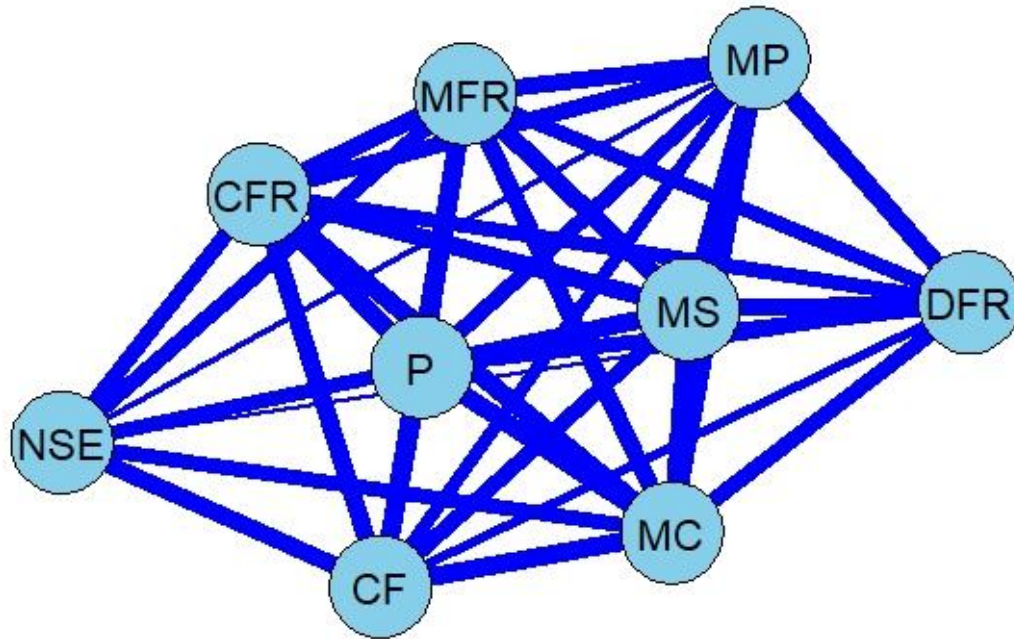


Figura 8. Dispersão gráfica das estimativas de correlação dos valores genéticos aditivos entre nove descritores morfoagronômicos em três clones elite de *A. squamosa*, Brasil, 2025.

*Linhas azuis indicam as correlações positivas. A espessura das linhas é proporcional à magnitude das correlações. Massa do fruto (MFR), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR), massa da casca (MC), massa da semente (MS), massa da polpa (MP), número de sementes (NSE), comprimento da flor (CF) e produção (P).

6 DISCUSSÃO

6.1 Análise descritiva dos clones elite

Os valores de CV para SS (11,06%) indicam variabilidade média entre os clones elite, apresentando valores próximos da média. Os sólidos solúveis (SS) exercem grande influência no sabor, sendo que é nesta fração onde se encontram os açúcares e ácidos orgânicos, cuja relação constitui fator decisivo na qualidade dos frutos e seus produtos (CHITARRA e CHITARRA, 1990). Alves e Lima (2021), relatam valores entre 22 e 33°Brix para pinha, os clones elite apresentaram características de sólidos solúveis dentro do observado para *A. squamosa*. Vale ressaltar que o teor de sólidos solúveis é de grande importância para o comércio e para o paladar do consumidor, principalmente para os que são consumidos *in natura*.

Associado com SS a ATT é outra variável de grande importância para a qualidade do fruto, sendo essa responsável pela acidez presente no fruto. Os valores obtidos para os clones elite estão dentro da faixa usualmente descrita para pinha, que são de 0,18 a 0,80% (YADAV *et al.*, 2017, MOURA *et al.*, 2021, MAHLA *et al.*, 2022).

O clone UNI-2 evidenciou desempenho superior em produtividade, seguido pelos clones UNI-1 e UNI-3, demonstrando a presença de variabilidade genética favorável à seleção de genótipos promissores quanto ao rendimento de frutos. A produtividade de pomares de pinheira apresenta expressiva amplitude no território brasileiro, sendo os maiores rendimentos registrados no estado de São Paulo, com média de aproximadamente 30 kg planta⁻¹ ano⁻¹, correspondendo a cerca de 15 t ha⁻¹ de frutos. No entanto, sistemas de produção conduzidos sob baixo nível tecnológico sem adoção de práticas de manejo adequadas, como irrigação, poda, polinização manual, adubação e controle fitossanitário tendem a apresentar produtividade cinco a seis vezes inferior (LEMOS, 2021). Em consonância, Queiroga *et al.* (2023), reportam que, em condições naturais, a cultura apresenta rendimento médio em torno de 3 t ha⁻¹, podendo atingir 6 a 15 t ha⁻¹ sob condições de manejo tecnificado e uso racional da irrigação. Dessa forma, as produtividades observadas no presente estudo (11,10 a 13,64 t ha⁻¹) enquadram-se na faixa superior dos valores reportados na literatura, evidenciando o elevado potencial produtivo dos clones avaliados e sua relevância para programas de melhoramento genético e expansão da fruticultura anoneira no Brasil.

A análise das frações do fruto permite compreender o equilíbrio entre rendimento de polpa e características estruturais como a casca e semente, influenciam a qualidade comercial e o potencial industrial. Os valores de CV da fração da casca e da polpa indicam média variabilidade, contudo a fração da semente demonstra heterogeneidade entre os clones elite. Em relação a fração da casca e semente, foram observados valores próximos ao de Bomfim *et al.* (2014), média de 42,92% para casca e 7,37% para sementes. A menor porcentagem de casca e de sementes foram verificados para o UNI-3. Para o consumo *in natura* os menores valores de porcentagem e peso da casca e semente é o desejável, pois indica que o fruto possui um maior rendimento.

Quando comparados aos dados da literatura, foi verificado uma variação de fração da polpa de 34,1% a 66,08% (PEREIRA *et al.*, 2009, BOMFIM *et al.*, 2014, HASAN *et al.*, 2025), os valores da fração da polpa do presente estudo ficaram entre a faixa de porcentagem apresentada por esses autores. As diferenças observadas podem estar associadas a fatores genéticos dos clones ou a condições ambientais, bem como ao estágio de maturação dos frutos.

6.2 Caracterização morfológica e agrônômica

Com base nas informações do presente estudo foi possível observar variação nos caracteres morfológicos (qualitativos e quantitativos) dos três clones elite avaliados. Em relação ao formato das folhas em alguns trabalhos é possível notar variações, Salvador *et al.* (2016), observou formato da folha elíptica, com a base diferenciando entre obtusa e aguda. Pontes *et al.* (2004) já descreve os materiais avaliados como lâmina lanceolada ou oblongo lanceolada, por fim, Awachare *et al.* (2018), observou forma lanceolada, ápice acuminado e base aguda. No caso do presente estudo as folhas do UNI-1 e UNI-2 apresentam uma característica intermediária entre elíptica e oblongo, já o UNI-3, apresenta essa diferença tendendo para o obovado. Essas variações também podem ser observadas tanto no ápice quando na base das folhas.

A margem inteira e a coloração verde das folhas em estado juvenil é algo predominante para a maioria dos acessos de pinheira descritos na literatura. A coloração arroxeadada das folhas do UNI-3 pode estar relacionada a antocianinas ou outros fenólicos. Salvador *et al.* (2016), também descreve essa característica para a população CECA 21. Em relação ao tamanho e largura das folhas, foi observado valores semelhantes descrito por Faustino (2016), Salvador *et al.* (2016) e Awachare *et al.* (2018). Caracteres foliares como comprimento e largura, área, margens, ápice, formato da base e nervura são importantes para o crescimento e produtividade (KOESTER *et al.*, 2014).

As flores dos Clones elite UNI- 1 e UNI-2 foram categorizadas como grandes, sendo essa característica apresentando forte correlação com as dimensões dos frutos (Nietsche *et al.*, 2003; Nogueira, *et al.*, 2022). As diferenças morfológicas entre as flores dos clones são bastante visíveis, e serve como ponto principal na diferenciação entre eles. A maior abertura das pétalas do clone elite UNI-1 na fase feminina pode facilitar a polinização natural e uma maior exposição do estigma. Os valores de comprimentos das flores do presente estudo foram maiores que os observados por Salvador *et al.* (2016) e semelhantes ao de Anuragi *et al.* (2017).

Foi observado dois formatos de fruto nos clones elite, cônico e cordiforme. Segundo Nietsche *et al.* (2021), alguns formatos de fruto como o cônico, redondo e de coração são comuns em pinheiras no Brasil. A característica morfológica dos frutos é uma característica complexa e poligênica, podendo ser altamente influenciada por vários fatores ambientais ou pela variação dos estágios de desenvolvimento das plantas (KUMAR *et al.*, 2018). Para a classificação e distinção de cultivares o formato do fruto é uma característica de grande importância.

Os frutos apresentam saliências do carpelo, o que é algo comum observado em *A. squamosa*. Em relação a coloração da casca, foi observado coloração verde, sendo uma característica presente na maioria dos frutos de pinheira. Foi observada coloração vermelha da casca no UNI-3, sendo essa característica observada com baixa frequência. Segundo Faria *et al.* (2025), o tipo de herança para coloração avermelhada dos frutos não foi completamente elucidado. Para o consumidor diferentes colorações de casca é algo bastante atrativo sendo um fator-chave na escolha e podendo ter forte influência no valor agregado. Essa mesma variação na coloração avermelhada também foi observada na polpa deste do clone elite UNI-3, sendo diferente do UNI-1 e UNI-2, que apresenta polpa na coloração creme, sendo mais comum entre as pinheiras. Salvador *et al.* (2016), relata que a cor da casca e da polpa dos frutos tem sido um foco importante em programa de melhoramento de frutas em todo o mundo. Todas

essas características morfológicas são de grande importância para a diferenciação e caracterização dos clones elite.

Outro ponto de grande importância para o mercado é a simetria e uniformidade dos frutos. No caso dos clones elite avaliados, todos apresentaram frutos simétricos e grandes, reforçando a superioridade desses materiais. Vale destacar que os frutos avaliados foram obtidos por meio da polinização artificial, prática amplamente difundida e traz inúmeros benefícios aos produtores de pinha no Brasil (CHAGAS *et al.*, 2023)

A maior massa fresca de frutos foi observada no clone elite UNI-2, contudo os outros dois clones também apresentaram massas de frutos bastante atrativas sob o ponto de vista comercial. Esses resultados são promissores, considerando que variedades de *A. squamosa* geralmente apresentam peso médio de frutos entre 84,31 g a 428,0 g (GHAWADE *et al.* 2018, QUEIROGA *et al.*, 2023, HASAN *et al.*, 2025, RANA *et al.*, 2025). Os programas de melhoramento genético de anonáceas têm buscado selecionar genótipos com frutos na faixa de 300 g a 400 g. Considerando esses valores de referência, todos os clones elite avaliados conseguiram atender a esse critério de seleção, reforçando seu potencial para o registro de cultivares de pinheira (NIETSCHKE *et al.*, 2021).

As sementes dos três clones elite apresentaram semelhanças no formato, tamanho e coloração. Mantendo características presente na maioria das variedades de pinheira descritas por vários autores, observado uma variação no comprimento de 7,78 mm a 15,60 mm e 4,64 mm a 8,69 mm de diâmetro (YADAV *et al.*, 2017, HASAN *et al.*, 2025, RANA *et al.*, 2025). Lima -Brito *et al.* (2006), relata coloração preta, glabras e forma oblonga nas sementes, sendo essas características semelhantes ao do presente estudo.

6.3 Estimativas dos parâmetros genéticos

Os efeitos genéticos mostraram-se significativos para a maioria das variáveis, evidenciando a presença de variabilidade genética entre os clones elite avaliados, o que é fundamental para o sucesso do melhoramento genético. Além disso, os efeitos C^2_{gm} e C^2_{perm} também foram significativos para grande parte das variáveis analisadas, indicando que, além da variabilidade genética, as condições ambientais presentes durante as safras exerceram influência relevante. O desempenho distinto dos genótipos ao longo dos anos é uma característica típica de espécies perenes, sendo resultado da influência do ambiente na expressão das variáveis (ROCHA *et al.*, 2012).

No presente estudo, com exceção da característica CF que apresentou predominância dos efeitos genéticos sobre os residuais, e uma menor contribuição da variância ambiental, as demais características apresentaram uma contribuição dos efeitos da variância ambiental de moderados a elevados. Para a maioria dos caracteres avaliados foi observado uma baixa contribuição da variância genética entre os clones elite e conseqüentemente uma importante contribuição da variância ambiental, com destaque para os efeitos da variância residual temporária.

O predomínio dos efeitos ambientais, de forma especial para efeitos residuais temporários, ocorreu provavelmente em função da natureza dos caracteres avaliados e às variações climáticas marcantes entre safras (verão e inverno) em que as plantas foram submetidas no decorrer das avaliações, e ainda podemos destacar a idade das plantas, onde as avaliações começaram quando as plantas possuíam apenas dois

anos de plantio. Nogueira *et al.* (2022), reforça que a forte influência dos efeitos ambientais está relacionada à própria natureza das características avaliadas. As estimativas de número total de frutos por planta e de produção total apresentam maior complexidade de mensuração, justamente pela intensa interferência do ambiente, sobretudo em razão do longo período em que essas variáveis ficam expostas às condições ambientais.

A alta herdabilidade observado no CF sugere a existência de alta variabilidade genética sobre essa característica em especial, e que pode contribuir para maior precisão na seleção de clones superiores visando registro de cultivares. A herdabilidade moderada foi observada para caracteres associados ao tamanho e massa do fruto (CFR, DFR, NSE, MS e MP), reforçando a importância dessas avaliações. Nogueira *et al.* (2022), trabalhando com seleção de progênie de meios irmãos em *A. squamosa*, observou valores de herdabilidade próximos aos do presente estudo. Husain *et al.* (2023), também reforça os dados do presente estudo, que observou altas herdabilidades para o tamanho da flor e do fruto. Embora a produção (P) tenha apresentado herdabilidade moderada, essa característica é fortemente influenciada pelo ambiente e muito dependente de polinização seja por meio artificial ou por insetos polinizadores. Apesar das limitações apresentadas, o uso de métodos de seleção fundamentados em modelos mistos é justificável, pois mesmo diante de herdabilidade reduzida, ainda é viável prever avanços genéticos positivos e selecionar genótipos promissores para programas de melhoramento (VIANA e RESENDE, 2014).

As estimativas de C^2_{gm} inferiores a 1% para a maioria dos caracteres indicou que a interação genótipo \times medições durante essas cinco safras teve baixa contribuição para a variância fenotípica, o que significa que os clones elite mantiveram desempenho uniforme ao longo das avaliações. Isso significa que, para esses caracteres, a resposta dos clones não foi fortemente remodelada pelas condições anuais e, portanto, a predição do valor genético média é robusta ao tempo. Sob o ponto de vista comercial esse é um cenário desejável, porque garante que um clone superior em um ano tem a tendência de permanecer superior em anos subsequentes.

Ao contrário da C^2_{gm} , a variância ambiental permanente (C^2_{perm}) mostrou participação relevante em algumas variáveis, indicando que fatores ambientais persistentes principalmente associados às parcelas ou até as condições locais ao longo do experimento.

As estimativas da R_{gmed} apresentaram valores elevados para a maior parte dos caracteres, indicando alta consistência do desempenho genotípico ao longo das medições. Isso significa que os três clones elite passaram por menores variações durante as safras mantendo o ranking. Maia *et al.* (2009), no seu trabalho relata que a R_{gmed} fornece uma medida de quão constante será o “ranqueamento” dos genótipos, ao longo dos ambientes testados, no caso do presente estudo ao longo das cinco safras.

Segundo Resende (2002), valores de repetibilidade iguais ou inferiores a 0,30 são considerados baixos, enquanto aqueles entre 0,30 e 0,60 são classificados como medianos e os valores superiores a 0,60 indicam alta repetibilidade. Repetibilidade elevada para CF indica que poucas medições são suficientes para estimar com confiança o valor permanente desse caráter. Mesmo que a maioria das características apresentarem valores de média magnitude, também indicam a necessidade de um menor número de repetições para se alcançar um valor de determinação satisfatório, que é um indicativo da estabilidade da pinheira.

Por outro lado, baixa repetibilidade em MP indica que essa característica é mais sujeita a variações transitórias e exigirá maior número de repetições/safras para obter estimativas confiáveis. Nogueira *et al.* (2022) observaram valores médios de repetibilidade semelhantes para massa fresca do fruto, diâmetro e comprimento do fruto e produção. A elevada repetibilidade no processo de melhoramento vegetal é fundamental para garantir uma seleção eficiente de genótipos superiores, possibilitando o aproveitamento otimizado de recursos e tempo, mesmo diante das dificuldades impostas pela interação entre genótipo e ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2020).

Esses níveis elevados de H^2mg observados no presente estudo indicam alta confiabilidade das médias dos clones elite para predizer o mérito genotípico verdadeiro, ou seja, mesmo que a herdabilidade individual (h^2) por medida seja moderada a baixa para alguns caracteres, o uso de médias de repetição/clonal aumenta substancialmente a precisão da seleção.

6.4 Análise dos componentes de média (BLUP Individual)

As novas médias estimadas dos clones elite UNI-1 e UNI-2 foram maiores que as médias genotípicas para todos os caracteres avaliados, apontando um potencial de incremento com o passar do tempo. O método BLUP permitiu estimar com precisão os valores genéticos e genotípicos, sendo fundamental para a avaliação e o ranqueamento dos genótipos, visando à maximização dos ganhos genéticos. É considerado o procedimento mais adequado para seleção envolvendo efeitos aditivos, de dominância e genotípicos (RESENDE, 2016).

Contudo, o clone Elite UNI-3 não teve incremento, mantendo o mesmo valor das médias genotípicas durante as safras para todos os caracteres avaliados. A falta de incremento nas medias pode ser explicado por vários fatores, entre eles a estabilização genotípica ou até inferioridade em relação aos outros materiais.

A nova média geral referente às dimensões físicas dos frutos (MFR, CFR, DFR, MC, MP e MS) foi maior no clone elite UNI-2, sendo bastante atrativo para o consumidor. Para o produtor, isso significa que com poucos frutos consegue quantidade suficiente para montar uma caixa com frutos de qualidade física superior e obtenção de maior lucro. Segundo Pereira *et al.* (2019), em relação a classificação dos frutos, relata que quanto maiores, uniformes e com menor quantidade de defeitos leves e/ou graves, mais valorizados serão os frutos, garantindo maior valor na comercialização.

O clone elite UNI-2 apresentou a maior nova média geral para o caráter de produção (P), demonstrando um incremento consistente dessa variável ao longo das safras, o que é um indicativo positivo para o aumento da produtividade. Apesar de o clone UNI-1 apresentar frutos de menor tamanho em comparação ao UNI-2, manteve desempenho produtivo relevante. Segundo Ambrósio *et al.* (2023), indivíduos que exibem maiores valores para massa fresca dos frutos tendem a se diferenciar daqueles mais produtivos em número total de frutos, pois plantas que produzem frutos mais pesados geralmente apresentam menor quantidade e, conseqüentemente, menor produção total.

O número de sementes (NSE) foi maior no clone elite UNI-1 o que pode estar relacionado com a produção. Segundo Queiroga *et al.* (2023), a média de sementes por fruto em pinheira é de 68. Ficando próximos ao encontrado no presente estudo.

O maior ganho em relação ao caráter CF foi observado no clone elite UNI-1. Esta é uma característica muito importante para a cultura, principalmente pela correlação com as dimensões do fruto e alta

herdabilidade, sendo indispensável para o programa de melhoramento de *A. squamosa*. Para produtores, materiais que possuem flores grandes e com estabilidade é uma vantagem, principalmente na polinização artificial, podendo selecionar as maiores flores para serem polinizadas, tendo uma alta porcentagem de obter frutos de maior peso.

6.5 Análise de estabilidade e adaptabilidade

As análises de estabilidade e adaptabilidade realizadas nas cinco safras indicou uma concordância entre os métodos de MHVG, PRVG e MHPRVG, para todas as características avaliadas. Segundo Resende (2007), quando os métodos MHVG, PRVG e MHPRVG apresentam resultados concordantes na classificação dos materiais genéticos, isso permite um refinamento do processo seletivo, possibilitando inferências mais precisas sobre os valores genéticos e assegurando, ao mesmo tempo, maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade.

O ranqueamento obtido pela MHVG leva em consideração os próprios valores dos caracteres avaliados e penalizados pela instabilidade diante da avaliação das cinco safras. Esse resultado pode auxiliar na seleção dos clones que apresentam elevada produtividade e ao mesmo tempo maior estabilidade. Com base nos dados do presente estudo, que indicaram uma alta estabilidade genotípica, podemos inferir que os clones mantiveram desempenho consistente ao longo das safras, com pouca influência das variações ambientais. Tal comportamento é desejável em programas de melhoramento, pois reflete previsibilidade fenotípica. Resultados semelhantes foram reportados por Husain *et al.* (2021) e Anita *et al.* (2019), que observaram elevada estabilidade em genótipos de *A. squamosa* para caracteres de tamanho e massa de fruto, indicando controle genético significativo e alta consistência produtiva ao longo dos ciclos reprodutivos.

Os valores de PRVG sugerem que os clones mais estáveis foram igualmente os mais adaptáveis. Em especial, o clone elite UNI-2 destacou-se com altos valores de PRVG em MFR, CFR e DFR, confirmando seu desempenho médio superior e sua adaptabilidade ampla a diferentes condições ambientais. Segundo Resende (2007), altos valores de PRVG refletem genótipos com bom comportamento geral e elevado potencial produtivo, podendo ser recomendados para cultivo em diferentes ambientes. Comportamento semelhante foi verificado em fruteiras perenes como a goiabeira (AMBRÓSIO *et al.*, 2023) nas quais genótipos com PRVG acima da média geral mostraram elevada estabilidade e produtividade sustentada em múltiplas safras.

A combinação simultânea dos dois parâmetros, representada pelo índice MHPRVG, apresentou resultados compatíveis com MHVG e PRVG, indicando elevada estabilidade e adaptabilidade para a maioria dos caracteres. O clone elite UNI-2 manteve os maiores valores de MHPRVG para MFR, CFR, DFR, MC e MP, confirmando seu potencial como material genético de ampla recomendação, com desempenho previsível e produtivo ao longo do tempo. Vale destacar ainda que o clone elite UNI-1 também apresentou alta estabilidade e adaptabilidade, sendo também recomendado. Salienta-se que os menores valores observados pela UNI-3 são comuns em genótipos que apresentam frutos de coloração vermelhoso-rosado. Salvador *et al.* (2016), observou que o genótipo CECA 21 de coloração roxa apresenta menores dimensões de frutos quando comparados com outros genótipos de coloração padrão verde. Nietzsche *et*

al. (2021), reforça que a variedade Red apresentou tamanho médio de frutos inferior a cultivar Lessard Thai.

Por outro lado, os caracteres massa de semente (MS), número de sementes (NSE) e produção (P) apresentaram valores de estabilidade e adaptabilidade ligeiramente inferiores, indicando maior influência ambiental. Ainda assim, o comportamento dos clones elite manteve coerência entre os parâmetros, refletindo que a variabilidade ambiental não comprometeu de forma acentuada o desempenho médio. Isso é consistente com estudos de Costa *et al.* (2008), que destacam a alta sensibilidade dos caracteres produtivos em anonáceas às variações climáticas e fisiológicas ao longo das safras, especialmente durante a transição entre fases juvenis e adultas.

Esses resultados reforçam que o uso conjunto dos índices MHVG, PRVG e MHPRVG foi eficiente para caracterizar o comportamento temporal de genótipos de *A. squamosa*, permitindo selecionar clones com elevada estabilidade e desempenho superior. Assim, os clones elite UNI-1 e UNI-2 apresentam potencial para utilização em programas de melhoramento e propagação comercial, sendo o primeiro mais adaptável em termos de produção total e o segundo mais estável e superior para características de tamanho e rendimento de fruto. Contudo, mesmo o UNI-3 permanecendo na terceira posição do rank para todas as variáveis, se manteve estável durante as safras, além de possuir coloração vermelho-rosado de casca, sendo essa característica bastante atrativa para o mercado consumidor, devido a raridade em observar essa coloração de fruto no mercado, dessa forma tornando um forte candidato para o registro.

6.6 Correlação de Pearson

As correlações positivas e de alta magnitude observadas no presente estudo se concentraram entre o comprimento das flores e os caracteres físicos associados ao fruto. Fica evidente que as características de massa fresca dos frutos (MFR), comprimento floral (CF), comprimento (CFR) e diâmetro dos frutos (DFR), bem como massa da casca (MC), massa da polpa (MP) e massa de sementes (MS), apresentaram fortes associações entre si, indicando a existência de integração fisiológica e possivelmente ligação gênica entre esses caracteres, o que explica as altas correlações encontradas.

O coeficiente de correlação de Pearson é a técnica mais difundida para avaliar a correlação entre duas variáveis quantitativas, quantificada por um número, que varia entre -1 e $+1$. (MIOT, 2018; AKOGLU, 2018). A forte correlação entre CF e MFR ($r = 0,957$) confirma que flores maiores tendem a originar frutos mais pesados, o que sugere o uso do comprimento da flor como caráter preditor do potencial produtivo e de vigor reprodutivo dos clones. Esses resultados corroboram os de Nogueira *et al.* (2022) e Nietzsche *et al.* (2003), que também observaram associações significativas entre o comprimento floral e o tamanho dos frutos em *A. squamosa*, reforçando a importância desse caráter como indicador de eficiência reprodutiva.

As altas correlações entre MC, MS e MFR evidenciam que o aumento da massa total do fruto está associado ao incremento proporcional das dimensões (comprimento e diâmetro), comportamento também reportado em outras fruteiras tropicais (MAHLA *et al.*, 2022; CUNHA *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2003). A massa da polpa (MP) apresentou correlação muito elevada com o diâmetro do fruto (DFR) ($r = 0,993$), indicando que frutos mais largos apresentam maior rendimento de polpa, característica altamente desejável do ponto de vista comercial e de seleção genética.

Diferentemente dos resultados anteriores, a produção (P) apresentou correlações muito altas com praticamente todos os caracteres físicos do fruto, destacando-se os valores de $r = 1,000$ com MFR, MC e CFR, além de $r = 0,994$ com MS e $r = 0,957$ com CF. Esses resultados indicam que plantas mais produtivas também geram frutos maiores e mais pesados, evidenciando que o potencial produtivo está diretamente associado à expressão dos caracteres morfológicos. Esse padrão de correlação sugere que a produção total por planta é fortemente influenciada pelo tamanho e peso dos frutos, o que pode estar relacionado ao balanço fisiológico entre o número de frutos formados e o investimento de assimilados em estruturas reprodutivas.

A correlação forte entre NSE e P ($r = 0,823$) reforça que clones com maior número de sementes por fruto apresentaram também maior rendimento por planta, possivelmente em função de uma maior frutificação efetiva e desenvolvimento reprodutivo mais eficiente. Esse resultado é consistente com as observações de Sacramento *et al.* (2009), que relataram variações significativas na produtividade de *A. squamosa* associadas à polinização e ao vigor floral.

Os resultados obtidos neste estudo reforçam que as correlações altas e positivas e das variáveis quantitativas indicam um comportamento genético integrado dos clones elite avaliados, sustentando a eficiência da seleção indireta com base em caracteres de fácil mensuração e elevada herdabilidade.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu a caracterização morfológica e agronômica de três clones elite de *A. squamosa* ao longo de cinco safras, evidenciando variabilidade significativa entre os genótipos avaliados.

A forte correlação observada entre os caracteres florais e produtivos reforça o papel do comprimento da flor como preditor de produtividade e eficiência reprodutiva, recomendando sua utilização como critério auxiliar de seleção.

Os resultados indicaram que o clone elite UNI-2 apresentou o melhor desempenho geral, destacando-se pelos elevados valores genéticos médios e ampla adaptabilidade, sendo recomendado para cultivo e propagação comercial. O UNI-1, embora apresente frutos de menor tamanho, demonstrou elevada estabilidade produtiva e vigor reprodutivo, configurando-se como material recomendado para cultivo e propagação comercial. Já o UNI-3, de fruto vermelho-rosado, apresentou estabilidade satisfatória e características morfológicas atrativas, ampliando seu potencial de aceitação comercial, especialmente pela coloração.

Os resultados obtidos contribuem de forma relevante para o avanço do conhecimento sobre a variabilidade genética intraespecífica de *A. squamosa*, fornecendo subsídios técnicos e científicos para o registro e recomendação dos clones elite como as primeiras variedades comerciais adaptados às condições edafoclimáticas do semiárido do Brasil.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. **Turk J Emerg Med.**18(3):91-93. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>.

ALMEIDA, C. L. P. de. **Índices multivariados e BLUP multisafras na seleção de genótipos de goiabeira.** 2017. 86 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF, Campos dos Goytacazes, 2017.

ALVES, R.E.; LIMA, M.A.C DE. Colheita e pós-colheita. In: Pereira, M.C.T.; Borém, A. **Anonáceas: do plantio a colheita.** UFV, Viçosa, p. 105–119. 2021.

ALVES, S. do C.; FERREIRA, I. O.; MARANGON, B. B.; AMARAL E SILVA, A.; CASTRO, J. de S.; GONÇALVES, P. V. L.; CALIJURI, M. L. Multicriteria Analysis as a Tool to Support Fruit Culture in the Brazilian Semi-Arid. **Environment, Development and Sustainability.** 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04521-9>

AMBROSIO, M.; VIANA, A.P.; CAVALCANTE, N.R.; PREISIGKE, S.D.C.; SANTANA, J.G.S.; CREVELARI, J.A. Coefficient of repeatability, stability, and adaptability estimates for *Psidium guajava* S1 progenies via mixed models. **Revista Brasileira de Fruticultura** 45: 1–15. 2023.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.

ANITA, M. C.; PEERJADE, D. A.; SATISH, D.; KULAPATI, H.; NADAF, A. M. Studies on genetic variability, heritability and genetic advance in custard apple (*Annona squamosa* L.) genotypes. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, p. 795-797, 2019.

ANURAGI, H.; DHADUK, H.L.; KUMAR, S. Molecular diversity of *Annona* species and proximate fruit composition of selected genotypes. 3 **Biotech** 6: 204. 2016.

ARAÚJO, J.F.; ALVES, A.A.C. Instruções técnicas para o cultivo da pinha (*Annona squamosa* L.). Salvador, EBDA. **Circular Técnica**, 7. 44 p, 1999

AWACHARE, C. M.; KURIAN, R. M.; UPRETI, K. K.; LAXMAN, R. H. Morpho-physiological diversity in *Annona* species. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 58–62, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.02.005.

BABU, B. N. V.; SATHEESH, S. Effect of plant growth regulators on yield and profitability of custard apple: An Economic Prospective. **Journal of Scientific Research and Reports**, 31(2), 180–185. 2025.

BIOVERSITY INTERNATIONAL; CHERLA. *Descriptors for cherimoya (Annona cherimola Mill.).* Rome: Bioversity International; Malaga: CHERLA Project, 2008.

BOMFIM, M. P.; DIAS, N. O.; SOUZA, I. V. B.; SÃO, A. R.; PIRES, M. de M. Produção e características físico-químicas da pinha (*Annona squamosa* L.) em função do número de frutos por planta. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 15, n. 1, p. 1–6, 2014.

BORÉM, A., MIRANDA, G.V., FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas.** 7 ed. rev. e ampl.

Viçosa (MG): Ed UFV. 543p. 2017.

BRAGA SOBRINHO, R. Produção integrada de Anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. especial, p. 102-107, 2014.

CAPISTRANO, M. da C.; ANDRADE NETO, R. de C.; SANTOS, V. B. dos; LESSA, L. S.; RESENDE, M. D. V. de; MESQUITA, A. G. G.; GURGEL, F. de L. Use of the REML/BLUP methodology for the selection of sweet orange genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02032, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02032>

CARVALHO, P. S. de; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; ALVES, M. A.; MELO NETO, M. L. de. Avaliação de genótipos de pinheira (*Annona squamosa* L.) no Vale do Rio Moxotó III. Características de crescimento e produção – 1992 a 1997. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n.1, p.27-30. 2000.

CARVALHO, S.I.D.; BIANCHETTI, L.D.B.; REIFSCHNEIDER, F.J. Registration and protection of cultivars in Brazil: the experience of Embrapa Vegetables' Capsicum breeding program. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 27 (2):135-138. 2009.

CHAGAS, P. C.; CRANE, J.; CHAGAS, E. A.; VENDRAME, W.; COSTA, B. N. S.; NETO, A. R.; MOURA, E. A. Determining the Preliminary Performance of Selected Annonaceae Cultivars in Subtropical Conditions. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. e3832–e3832, 7 ago. 2022.

CHATROU, L.W.; PIRIE, M.D.; ERKENS, R.H.J.; COUVREUR, T.L.P.; NEUBIG, K.M.J.; ABBOTT, R.; MOLS, J.B.; MAAS, J.W.; SAUNDERS, R.M.K.; CHASE, M.W. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 169, n. 1, p. 5-40, 2012.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). Em Minas Gerais, projetos de irrigação da Codevasf produziram cerca de 299 mil toneladas de itens agrícolas em 2023. 24 abr. 2024. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/noticias/2024/em-minas-gerais-projetos-de-irrigacao-da-codevasf-produziram-cerca-de-299-mil-toneladas-de-itens-agricolas-em-2023>. Acesso em: 25 out. 2025.

COSTA, M. M.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; SILVEIRA, G. D.; MUNIZ, F. R. S. Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. **Bragantia**, v. 67, p. 101-108, 2008.

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

CRUZ, C. D. *GENES: software para análise estatística e genética quantitativa*. Viçosa: UFV, 2013.

CUNHA, J. M.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; CAETANO, L. C. S.; VIEIRA, M. E.; PEÇANHA, D. A. Potassium fertilization in pineapple fruit quality. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 5, e-018, 2021. DOI: 10.1590/0100-29452021018.

DONADIO, L.C. Situação atual e perspectivas das anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A.R. et al. (Ed). **Anonáceas: produção e mercado (pinha, graviola, atemoia, cherimolia)**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1997. p.1-4.

DUTRA, R. L. T.; DANTAS, A. M.; DE ARAÚJO MARQUES, D.; BATISTA, J. D. F.; DE ALBUQUERQUE, M. B. R. L.; DE MAGALHÃES, C. A. M. T.; MAGNANI, M.; DA SILVA, C. B. G. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**. 2017 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.047>

EPSKAMP, S.; CRAMER, A. O.; WALDORP, L. J.; SCHMITTMANN, V. D.; BORSBOOM, D. Qgraph: Network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of statistical software**, v.48, p. 1-18. 2012.

FARIA, R. A. N.; PEREIRA, M. C. T.; CORDEIRO, R. A.; PIMENTA, S.; NIETSCHKE, S.; SILVA, J. F. Phenotypic characterization of progenies from the cross of atemoya with red-skinned sugar apple. **Fruit Crops Science Journal**, v. 1, e-878, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/3085-89092025878>

FAUSTINO, J. R. **Caracterização morfológica e produtiva de clones de pinheira (*Annona squamosa* L.)**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

GHAWADE, P.M.; SUPE, V.S.; PIMPALPALLE, L.V.; TAYADE, S.A. Morphological characterization of custard apple genotypes, **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 7(1): 1029-1032. 2018

HASAN, M. M.; HOSSAIN, M. M.; HAQUE, T.; BASUNIA, A. K.; HOWLADER, N. C. Morpho-biochemical evaluation of three sugar apple (*Annona squamosa* L.) genotypes. **International Journal of Horticultural Science and Technology**, v. 12, n. 2, p. 189-198, 2025

HENDERSON, C.R. **Estimation of changes in herd environment**. J Dairy Sci 32: 706–706, 1949.

HENDERSON, C.R. **Sire evaluation and genetic trends**. J Anim Sci 10–41, 1973.

HUSAIN, S.; MAHAWER, L. N.; VERMA, M.; AHMED, I.; BAIRWA, H. L.; REGAR, A. L. Genetic variability of Custard Apple (*Annona squamosa* L.) Genotypes under Southern Rajasthan. **Biological Forum – An International Journal**, v. 15, n. 9, p. 367-369, 2023.

HUTCHINSON, J. **The families of flowering plants: arranged according to a new system based on their probable phylogeny**. 3. ed. Oxford: Clarendon Press, 1974

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: dezembro 2025.

JNAPIKA, K. H.; DEEPAK, B.G.; JAMOH, O.; KUMAR, R.; GAUTAM, R.; DHAKAD, A. Genetic variability and correlation studies for morphological and biochemical traits of *Annona* genotypes. **Indian Journal of Agricultural Sciences** 91 (3): 378–81, 2021.

KHOURY, D.; MILLET, M.; JABALI, Y.; WEISSENBERGER, T.; DELHOMME, O. Evolution of the

chemical composition of fogwater collected at four sites in the Alsace region between 2015 and 2021. **Research Square**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4016030/v1>

KOESTER, R. P.; SKONECZKA, J. A.; CARY, T. R.; DIERS, B. W.; AINSWORTH, E. A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 12, p. 3311–3321, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru187>.

KUMAR, Y.; CH, A. K.; RA; DUBEY, A.; GAJERA, H. P. Fruit Morphology and Quality Parameter Studies of Global Custard Apple (*Annona squamosa*) Germplasms. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 10, p. 1297–1311, 10 out. 2018.

KÖPPEN, W. Climatología: **Con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, México, 479 p. 1948.

LEAL, F. Sugar apple. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKI, W. F. (ed.). **Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses**. Lake Alfred: Florida Science Source, 1990. p. 149–158.

LEMOS, E. E. P. de. A cultura. In: PEREIRA, M. C. T.; BORÉM, A. (org.). **Anonáceas: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 9-25. 2021

LIMA-BRITO, A.; BELLINTANI, M. C.; RIOS, A. P. de S.; SILVA, J. R. dos S.; DORNELLES, A. L. C. Morfologia de fruto, semente e plântula de três espécies de *Annona* (Annonaceae). **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, Feira de Santana, v. 6, n. 2, p. 119–128, abr./jun. 2006.

MAHLA, J.S.; SONI, N. V.; PATEL, P.C.; PATEL, A.V.; JAY P.; ROUL, D.S. Variability, character association and path analysis for *Annona* yield and quality attributes. **Emergent Life Sciences Research** - Vol 8, Issue 2, Pages: 229-239. 2022.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. de.; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTE, J. J. V.; BARROS, L. de M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípica em clones de cajueiro via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.43-50. 2009.

MANICA, I. Taxonomia ou sistemática, morfologia e anatomia. In: MANICA, I. **Fruticultura: cultivo das anonáceas**. Porto Alegre: EVANGRAF, p. 3-11. 1994.

MENDES, D. S.; PEREIRA, M. C. T.; NIETSCHKE, S.; SILVA, J. F.; ROCHA, J. S.; MENDES, A. H.; XAVIER, H. R. A.; SANTOS, R. C. dos. Phenological characterization and temperature requirements of *Annona squamosa* L. in the Brazilian semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 3, supl., p. 2293–2304, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170205>

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço do Agronegócio de Minas Gerais – 2024. Belo Horizonte: SEAPA, 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.mg.gov.br>. Acesso em: 28 out. 2025.

MIOT, H. A. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro (J Vasc Bras)**, v. 17, n. 4, p. 275–279, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1677-5449.174118>.

MONDRAGÓN-JACOBO, C.; CHESSA, I. A global perspective on genetic resources of cactus pear: an asset for the future sustainability of semiarid lands. **Acta Horticulturae**, v. 995, p. 19–26, 2013. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.1>.

MOSCA, J.L.; CAVALCANTE, C.E.B.; DANTAS, T.M. Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação. Fortaleza. **Embrapa agroindústria tropical**, 2006.

MOURA, E. A.; CHAGAS, P. C.; OLIVEIRA, R. R.; TAVEIRA, D. L. L.; GRIGIO, M. L.; ARAÚJO, W. F. Determination of the Harvest Time of Sugar Apples (*Annona Squamosa* L.) in Function of Carpel Interspace. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, p. e48732, 2021.

NIETSCHE, S.; PEREIRA, M. C. T.; SANTOS, F. S.; XAVIER, A. A.; DA CUNHA, L. D. M. V.; NUNES, C. F.; SANTOS, F. A. Polinização artificial de flores de pinha (*Annona squamosa* L.) de diferentes tamanhos. **Ceres**, 50(290). 2003.

NIETSCHE, S.; SÃO JOSÉ, A. R.; COSTA, M. R.; PEREIRA, M. C. T. Cultivares. In: PEREIRA, M. C. T.; BORÉM, A. (org.). **Anonáceas: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV. p. 105-119. 2021.

NOGUEIRA, B. B. A. P. **Estratégias de seleção em progênes de meios-irmãos em *Annona squamosa* L.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2021

NOGUEIRA, B. B. A. P.; MENDES, D. S.; MENDES, R. B.; PIMENTA, S.; PEREIRA, M. C. T.; AZEVEDO, A. M.; NIETSCHE, S. Selection in half-sib progenies of *Annona squamosa* L.: An important step in the development of new cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 302, 111173, 2022.

OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Irrigação em Fruticultura. In: SANTOS-SEREJO, J. A. et al. (eds.). Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 45-58. 2009.

OLIVEIRA, A.S.; CASTELLANI, M.A.; NASCIMENTO, A.S.; MOREIRA, A.A. Perfil do sistema de produção de pinha nos polos de fruticultura da Bahia, com ênfase nos aspectos fitossanitários da cultura. **Extensão Rural**, vol. 23, no. 2, pp. 95-111, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2318179613034>.

PEREIRA, M. C. T.; NIETSCHE, S.; COSTA, M. R.; CRANE, J. H.; CORSATO, C. D. A.; MIZOBUTSI, E. H. 2011. Anonáceas: pinha, atemoia e graviola. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.32, n.264, p.26-34.

PEREIRA, M. C. T.; NIETSCHE, S.; SÃO JOSE, A.R.; LEMOS, E.E.P.; MIZOBUTSI, E.H.; CORSATO, C.D.A. Anonáceas: Pinha (*Annona squamosa* L.), Atemóia (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill) e Graviola (*Annona muricata* L.). In book: **101 Culturas**. EPAMIG. P 111-123. 2019.

PEREIRA, M. C. T.; SÃO JOSÉ, A. R.; BOTELHO, A. P.; NIETSCHE, S. Tratos culturais. In: PEREIRA, M. C. T.; BORÉM, A. (org.). **Anonáceas: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, p. 120-142. 2021.

PEREIRA, M.C.T., BANDEIRA, N., JÚNIOR, R.C.A., NIETSCHE, S., JÚNIOR, M.X.D.O., ALVARENGA, C.D., OLIVEIRA, J.R. Efeito do ensacamento na qualidade dos frutos e na incidência da brocados- frutos da atemoieira e da pinheira. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.389-396, 2009.

PEREIRA, M. C. T.; BORÉM, A. **Anonáceas: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 256 p. 2021.

PINTO, A.C.Q.; CORDEIRO, M.C.R.; ANDRADE, S.R.M.; FERREIRA, F.R.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; KINPARA, D.I. ***Annona* species. International Centre for Underutilised Crops**, University of Southampton, UK, 284pp. 2005.

PONTES, A. F.; BARBOSA, M. R. V.; MAAS, P. J. M. Flora Paraibana: Annonaceae Juss. **Acta Botanica Brasílica**, Feira de Santana, v. 18, n. 2, p. 281-293, 2004.

QUEIROGA, V. de P. **Pinha (*Annona squamosa* L.): tecnologias de plantio e utilização**. 1. ed. Campina Grande: AREPB, 188 f. 2023.

RAMALHO, M.A.P.; VENCOVSKY, R. Estimação dos componentes da variância genética em plantas autógamas. **Ciência e Prática**, 2(2): 117-140. 1978

RANA, G.; SAHU, R. L.; DOWARAH, B.; CHAUPOO, A. S. Fruit morphological characterization of local custard apple (*Annona squamosa* L.) genotype grown under Kanker district of Chhattisgarh, India. **Journal of Advances in Biology & Biotechnology**, v. 28, n. 6, p. 11-19, 2025. DOI: <https://doi.org/10.9734/jabb/2025/v28i62369>.

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

RESENDE, M. D. V. de. **Software SELEGEM – REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 359 p. 2007.

RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 16:330 -339. 2016

ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 154–162. 2012.

RODRIGUES, A. S. **Avaliação e seleção de novos híbridos de mamoeiro**. 75 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ, 2025.

RODRIGUES, B. R. A. **Brazilian seedless (*Annona squamosa* L.): conservação da mutação do gene *INO*, padrão de herança e validação de marcadores moleculares** (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Montes Claros. 2022.

RODRIGUES, J.; HENRIQUE, F. H.; PIEDADE, S. M. S.; LACA-BUENDÍA, J. P. Principal component analysis of behavior morphological and agronomical of cotton genotypes in Uberaba – MG, **Rev. Bras. Biom.**, Lavras, v.38, n.4, p.418-427, 2020.

RODRIGUES, R.E.S. **Estimativa dos parâmetros genéticos e de resposta à seleção na população de arroz irrigado CNA1**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, 87p. 1998.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesqui Agropecu Bras** 47: 964–971, 2012.

SACRAMENTO, C. K.; MOURA, J. I. L.; COELHO JR, E. Graviola. In: SANTOS-SEREJO, J. et al. (Eds) **Fruticultura Tropical: frutas regionais e exóticas**, Embrapa. p. 95-132. 2009.

SAFIRA, A.; WIDAYANI, P.; AN-NAJAATY, D.; RANI, C.; SEPTIANI, M.; PUTRA, Y.; SOLIKHAH, T.; KHAIRULLAH, A.; RAHARJO, H. A Review of an Important Plants: *Annona squamosa* Leaf. **Pharmacognosy Journal**, v. 14, n. 2, p. 456–463, 2022.

SALVADOR, T. de L.; LEMOS, E. E. P. de; SALVADOR, T. de L.; REZENDE, L. de P. Variações Morfológicas em Genótipos de Pinheiras (*Annona squamosa* L.). **Revista Ciência Agrícola**, v. 14, n. 1, p. 7–14, 2016.

SANTOS, H.G. DOS.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. DOS.; OLIVEIRA, V.A. DE.; OLIVEIRA, J.B. DE.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, 306 p. 2006.

SARTI, D. A.; PRADO, E. B.; INGLIS, A. N.; SANTOS, A. A. L.; HURLEY, C. B.; MORAL, R. A.; PARNELL, A. C. **Bayesian additive regression trees for genotype by environment interaction models**. bioRxiv, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1101/2021.05.07.442731>

SILVA OLIVEIRA, A.; CASTELLANI, M.A.; NASCIMENTO, A.S.; MOREIRA, A.A. Perfil do sistema de produção de pinha nos polos de fruticultura da Bahia, com ênfase nos aspectos fitossanitários da cultura. **Extensão Rural**, vol. 23, n. 2, p. 95-111. 2016.

SILVA, J. A. dos S.; SILVA, S. M. de A. O.; FREITAS, N. de S. S.; VELOSO, M. B. de L.; VALADARES, R. de N.; OLIVEIRA, F. I. C. de. Morphological characterization and genetic divergence among melon accessions. **Revista Ceres**, [S. l.], v. 72, p. e72024, 2025.

SÃO JOSÉ, A. R.; RIBEIRO, D. P.; MENDES, H. T. A.; BOMFIM, M. P.; SOUZA, I. V. B. Produção de mudas, preparo do solo e plantio. In: PEREIRA, M. C. T.; BORÉM, A. (org.). **Anonáceas: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2021. p. 61-82.

SÃO JOSÉ, A.R., PIRES, M.D.M., FREITAS, A.L.G.E., RIBEIRO, D.P.; PEREZ, L.A.A. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, 36, 86-93. 2014.

VIANA, A.P., RESENDE, M.D. V.DE. **Genética quantitativa do melhoramento de fruteiras**. Rio de Janeiro: Interciência, 282 p, 2014.

YADAV, V.; SINGH, A. K.; SINGH, S.; APPA RAO, V. V. Variability in custard apple (*Annona squamosa*) genotypes for quality characters from Gujarat. Central Horticultural Experiment Station (CIAH), Vejalpur, Panchmahals (Godhra), Gujarat: **Indian Journal of Agricultural Sciences**. 43-48 p. 2017.