

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**FLORESCIMENTO, FRUTIFICAÇÃO E ANOMALIAS
FLORAIS EM ACESSOS DO BANCO ATIVO DE
GERMOPLASMA DE MAMOEIRO DA EMBRAPA
MANDIOCA E FRUTICULTURA**

Naiane dos Santos da Silva

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2022**

FLORESCIMENTO, FRUTIFICAÇÃO E ANOMALIAS FLORAIS EM ACESSOS DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE MAMOEIRO DA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA

Naiane dos Santos da Silva

Tecnóloga em Agroecologia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 2019

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Dr^o. Carlos Alberto da Silva Ledo

Co-orientadora: Dr^a. Hellen Cristina da Paixão Moura

Co-orientador: Dr^o. Diego Fernando Marmolejo Cortes

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

S586f

Silva, Naiane dos Santos da.

Florescimento, frutificação e anomalias florais em acessos do banco ativo de germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura / Naiane dos Santos da Silva._ Cruz das Almas, BA, 2022.

81f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr^o Carlos Alberto da Silva Ledo.

Coorientadora: Dr^a Hellen Cristina da Paixão Moura.

Coorientador: Dr^o Diego Fernando Marmolejo Cortes.

1.Mamão – Cultivo – Melhoramento genético. 2.Mamão – Fenologia – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.6

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração –Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS
VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**FLORESCIMENTO, FRUTIFICAÇÃO E ANOMALIAS
FLORAIS EM ACESSOS DO BANCO ATIVO DE
GERMOPLASMA DE MAMOEIRO DA EMBRAPA
MANDIOCA E FRUTICULTURA**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Naiane dos Santos da Silva

Aprovada em: 24 de agosto de 2022



Documento assinado digitalmente
CARLOS ALBERTO DA SILVA LEDO
Data: 19/10/2022 10:51:50-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr^o. Carlos Alberto da Silva Ledo
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Orientador)



Documento assinado digitalmente
ANDREA VITA REIS MENDONÇA
Data: 18/10/2022 16:09:01-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Andrea Vita Reis Mendonça
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
(Examinador interno)



Documento assinado digitalmente
RENATO SANTA CATARINA
Data: 18/10/2022 15:28:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr^o. Renato Santa Catarina
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
(Examinador externo)

DEDICATÓRIA

A Deus, meus pais, família e aos meus amigos, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao único que é digno de receber a glória e a honra, ao autor e consumidor da vida, ao Deus eterno, imortal, invisível e real, a Ele entrego todo o meu louvor e eterna gratidão, pois, sem Ele eu nada poderia fazer.

Aos meus pais, Reginaldo Rezende da Silva e Aurelina dos Santos da Silva, que mesmo diante de suas limitações jamais deixaram me faltar o necessário para prosseguir e concluir mais uma etapa da minha caminhada, e meus irmãos João Cláudio, Tatiane e Rafael que são, também, meus apoiadores, a todos eles o meu amor e gratidão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da UFRB, pela oportunidade de me tornar mestre e por todos os ensinamentos que foram transmitidos pelos professores.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura, por toda a estrutura e suporte no campo, o qual foi essencial para a realização de todo o trabalho.

À CAPES pelo auxílio à pesquisa, por meio da concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador, Dr^o Carlos Alberto da Silva Ledo, por aceitar o desafio desta orientação e fazer o possível para que tudo caminhasse bem.

À minha co-orientadora, Dr^a Hellen Cristina da Paixão Moura, por sua dedicação e apoio, suas palavras e atitudes me demonstraram que desafios foram feitos para serem vencidos, gratidão por me lembrar o quanto somos capazes de nos superar.

Ao meu co-orientador, Dr^o Diego Fernando Marmolejo Cortes, por todo apoio e ajuda, por cada palavra de incentivo e por sua imensa paciência comigo, meu muito obrigada.

Aos meus amigos que tiveram que compreender a minha ausência em momentos de comunhão ao me dedicar aos estudos e escrita, em especial a amiga/irmã Lusinete dos Santos Freire, obrigada pela compreensão e orações.

Às companheiras Josimare Queiroz e Taís Costa, por sempre estarem disponíveis para ajudar em meio às minhas dúvidas, meu muito obrigada.

Às companheiras Liliane, Thatiane e dona Celeste, pela oportunidade de estar em campo partilhando experiências e ajuda mútua, vos sou grata.

Enfim, a todos que de forma direta e indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, alcançando mais uma meta, o meu muitíssimo obrigada.

FLORESCIMENTO, FRUTIFICAÇÃO E ANOMALIAS FLORAIS EM ACESSOS DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE MAMOEIRO DA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA

RESUMO: O conhecimento do comportamento de espécies cultivadas em relação ao ciclo fenológico é essencial para subsidiar pesquisas visando ao melhoramento genético. O presente estudo tem como objetivo avaliar a fenologia da floração e da frutificação de acessos de mamoeiro do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura em função de variáveis climáticas. Foram avaliados 140 genótipos, sendo 70 do grupo Solo e 69 do grupo Formosa, 139 acessos de *Carica papaya* L. e 1 acesso da espécie silvestre *Vasconcellea quercifolia*. As avaliações foram realizadas nas plantas hermafroditas dos acessos de *C. papaya*, tendo em vista que estas produzem os frutos que são comercialmente aceitos pelos consumidores, e nas plantas femininas e masculinas da espécie silvestre. Os acessos foram avaliados num período de 10 meses, fevereiro a novembro de 2021. No primeiro capítulo avaliou-se a fenologia floral e frutificação dos acessos de *C. papaya* e na espécie silvestre *V. quercifolia*. As características avaliadas para os acessos de *C. papaya* foram número de botões florais (NBF), número de flores hermafroditas (NFH) e número de frutos comerciais (NFC). Foram estimados parâmetros genéticos associados a repetibilidade utilizando a metodologia REML/BLUP e análise multivariada. Foi utilizado o índice de seleção aditivo padronizado. Na espécie silvestre *V. quercifolia* foram analisadas o número de flores femininas (NFF), número de flores masculinas (NFM) e número de frutos (NF). As magnitudes de herdabilidade foram altas para as características número de botões florais ($h^2 \geq 0,60$) e Número de frutos comerciais ($h^2 \geq 0,64$). Para essas características também foram obtidas elevadas magnitudes de repetibilidade ($\rho=0,95$ e $\rho=0,97$, respectivamente). Para NFH a herdabilidade foi baixa ($h^2=0,32$) assim como a repetibilidade ($\rho =0,47$) mostrando que essa característica é altamente influenciada pelos fatores ambientais. A análise de agrupamento revelou três clusters de acessos com padrão de florescimento e frutificação similares. Na espécie *V. quercifolia* as plantas masculinas apresentaram maiores médias de NBF e NF. As plantas femininas apresentaram frutos nos meses de julho e agosto meses de baixas temperaturas e elevados níveis de precipitação. Também houve produção de frutos em novembro, mês com altos níveis de precipitação pluviométrica. Foram selecionados 42 acessos de *C.papaya* com elevadas médias de botões florais, flores hermafroditas e frutos comerciais com potencial uso para recomendação de híbridos linhagens e/ou genitoras de novos híbridos. O segundo capítulo teve por objetivo avaliar a incidência de anomalias florais. Foram realizadas avaliações do número de frutos carpeloides (NFC), número de frutos pentandricos (NFP), número de flores com reversão sexual (NFR), número de frutos totais (NFT) e soma das anomalias (SOM). A partir dessas características foi estimado o potencial produtivo dos acessos com base nas relações NFD/NFT + NFR + NFP) e NFR/NFT + NFR). A incidência de anomalias florais foi estimada a partir das relações NFR/SOM, e NFD/SOM. Foram realizadas as mesmas análises estatísticas do capítulo 1. Foi construído um índice para estimar total de anomalias e identificar acessos com bom potencial produtivo e baixa ocorrência de anomalias. O NFD foi a anomalia de maior ocorrência no período de avaliação. A esterilidade de verão (reversão sexual) teve maior incidência nos meses com temperaturas mais elevadas. As magnitudes de

repetibilidade (ρ) foi alta ($0,79 \leq \rho \leq 0,81$) e herdabilidade ($h^2 \geq 0,66$) foram elevadas para todas as características indicando baixa variação entre as avaliações e alta variabilidade genética entre os acessos. Por meio da análise de agrupamento e mapa de calor foram gerados três clusters de acessos com padrão similar de potencial produtivo e ocorrência de anomalias florais. Com base no índice de anomalias foram selecionados 42 acessos com potencial uso nos programas de melhoramento recomendação de híbridos linhagens perse e/ou genitoras de novos híbridos.

Palavras-chave: Fenologia reprodutiva; anomalias florais; espécies silvestres

FLOWERING, FRUITING AND FLOWER ANOMALIES IN ACCESS TO THE ACTIVE PAPAYA GERMOPASM BANK OF EMBRAPA CASSAVA AND FRUIT CULTURE

ABSTRACT: Knowledge of the behavior of cultivated species in relation to the phenological cycle is essential to support research aimed at plant breeding. The present study aims to evaluate the flowering and fruiting phenology of papaya accessions from the Embrapa Cassava and Fruticulture active germplasm bank as a function of climatic variables. A total of 140 genotypes were evaluated, 70 of the Solo group and 69 of the Formosa group, 139 accessions of *Carica papaya* L. and 1 accession of the wild species *Vasconcellea quercifolia*. The evaluations were carried out on the hermaphrodite plants of the *C. papaya* accessions, considering that they produce the fruits that are commercially accepted by consumers, and on the female and male plants of the wild species. The accessions were evaluated over a period of 10 months, from February to November 2021. In the first chapter, the floral phenology and fruit set of accessions of *C. papaya* and the wild species *V. quercifolia* were evaluated. The characteristics evaluated for *C. papaya* accessions were number of flower buds (NBF), number of hermaphrodite flowers (NFH) and number of commercial fruits (NFC). Genetic parameters associated with repeatability were estimated using the REML/BLUP methodology and multivariate analysis. The standardized additive selection index was used. In the wild species *V. quercifolia*, the number of female flowers (NFF), number of male flowers (NFM) and number of fruits (NF) were analyzed. The heritability magnitudes were high for the characteristics number of flower buds ($h^2 \geq 0.60$) and number of commercial thefts ($h^2 \geq 0.64$). For these characteristics, high repeatability magnitudes were also obtained ($\rho=0.95$ and $\rho=0.97$, respectively). For NFH the heritability was low ($h^2=0.32$) as well as the repeatability ($\rho =0.47$) showing that this characteristic is highly influenced by environmental factors. Cluster analysis revealed three clusters of accessions with similar flowering and fruiting patterns. In the species *V. quercifolia* the male plants showed higher averages of NBF and NF. The female plants presented fruits in the months of July and August, months of low temperatures and high levels of precipitation. There was also fruit production in November, a month with high levels of rainfall. We selected 42 accessions of *C.papaya* with high averages of floral buds, hermaphrodite flowers and commercial fruits with potential use for recommending hybrids, lines and/or parents of new hybrids. The second chapter aimed to evaluate the incidence of floral anomalies. Evaluations were performed on the number of

carpeloid fruits (NFC), number of pentandric fruits (NFP), number of flowers with sex reversal (NFR), number of total fruits (NFT) and sum of anomalies (SOM). From these characteristics, the productive potential of the accessions was estimated based on the $NFD/NFT + NFR + NFP$ and $NFR/NFT + NFR$ relationships. The incidence of floral anomalies was estimated from the NFR/SOM , and NFD/SOM ratios. The same statistical analyzes as in Chapter 1 were performed. An index was built to estimate total anomalies and identify accessions with good productive potential and low occurrence of anomalies. The NFD was the most frequent anomaly in the evaluation period. Summer sterility (sexual reversion) had a higher incidence in the months with higher temperatures. The magnitudes of repeatability (ρ) were high ($0.79 \leq \rho \leq 0.81$) and heritability ($h^2 \geq 0.66$) were high for all traits, indicating low variation between assessments and high genetic variability between accessions. Through cluster analysis and heat map, three clusters of accessions with similar pattern of productive potential and occurrence of floral anomalies were generated. Based on the anomaly index, 42 accessions were selected with potential use in breeding programs, recommendation of hybrids, perse lines and/or parents of new hybrids.

Keywords: Reproductive phenology, floral anomalies, wild species.

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1.	Classificação botânica	13
2.2.	Importância econômica.....	14
2.3.	Recursos genéticos do mamoeiro	15
2.4.	Aspectos florais do mamoeiro	17
2.5.	Fenologia reprodutiva	20
2.6.	Anomalias florais	21
2.7.	Grupos heteróticos e variedades de mamoeiro	22
2.8.	Melhoramento genético do mamoeiro	23
	REFERÊNCIAS.....	25
	CAPÍTULO 1	30
1.	INTRODUÇÃO	33
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.1.	Local de condução do experimento e condições experimentais.....	35
2.2.	Material Vegetal.....	35
2.3.	Avaliação da floração e frutificação	36
2.4.	Análise estatística.....	38
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1.	Diversidade fenotípica, agrupamento e mapa de calor de acessos de mamoeiro com base em florescimento e frutificação	40
3.2.	Florescimento e frutificação da espécie <i>Vasconcellea quercifolia</i>	52
3.3.	Parâmetros genéticos associados ao florescimento e frutificação de acessos de mamoeiro	46
3.4.	Relação de florescimento e frutificação com variáveis climáticas	48
3.5.	Seleção de acessos de mamoeiro com base em florescimento e frutificação.....	50
	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	CAPÍTULO 2	58
1.	INTRODUÇÃO	61
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
2.1.	Local de condução do experimento e condições experimentais.....	62
2.2.	Material Vegetal.....	63

2.3.	Avaliação das anomalias	63
2.4.	Análise estatística.....	65
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
3.1.	Parâmetros genéticos associados a anomalias florais	67
3.2.	Diversidade fenotípica de acessos de mamoeiro com base em anomalias florais	70
3.3.	Efeito da precipitação e temperatura em características reprodutivas de acessos de mamoeiro associadas a anomalias florais.....	72
3.4.	Seleção de acessos de mamoeiro com baixa frequência de anomalias florais.....	77
	CONCLUSÕES	79

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), pertencente à família Caricaceae, é uma das principais árvores frutíferas das regiões tropicais e subtropicais do mundo, e seus frutos são amplamente consumidos *in natura* ou industrializados. Possui boa adaptação em regiões de transição entre os climas tropical e subtropical, entretanto, áreas de cultivo que diferem das condições climáticas ideais para o seu desenvolvimento podem afetar as fases fenológicas das plantas, resultando em distúrbios das flores hermafroditas, principalmente devido a extremos de temperatura, condições do solo e umidade relativa (SILVA *et al.*, 2019).

A fenologia estuda as mudanças exteriores (morfologia) e as transformações que estão relacionadas ao ciclo da cultura. A data de ocorrência das fases como brotação, floração, frutificação, maturação dos frutos e queda de folhas e a duração dos subperíodos estão relacionados com a intensidade dos elementos meteorológicos. Assim, os estudos fenológicos são fundamentais, pois permitem um melhor planejamento para realização de hibridações, visando a obtenção de sementes híbridas para o programa de desenvolvimento de cultivares, além de gerar informações sobre o desenvolvimento da cultura em relação ao ambiente, especialmente às variações climáticas estacionais (SILVA *et al.*, 2006).

Em mamoeiros hermafroditas, estudos sobre a fisiologia da floração registram influência marcante de fatores ambientais, tais como temperatura e umidade do ar e do solo, sobre a frequência de flores anormais, incluindo as carpeloides, pentândricas e estaminadas. Os distúrbios florais (esterilidade de verão, pentandria e carpeloidia) refletem negativamente na produção de frutos comerciais, dessa forma, a identificação de plantas mais estáveis quanto às anomalias florais é fundamental para o cultivo do mamoeiro (MARTELLETO, *et al.*, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivos: 1) avaliar a fenologia floral e frutificação em acessos de *C. papaya* e na espécie silvestre *Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hil. do banco ativo de germoplasma do mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura; 2) avaliar a incidência de

anomalias florais em acessos do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Classificação botânica

O mamoeiro (*C. papaya*.) pertence à classe *Dicotyledonae*, subclasse *Archichlamidae*, da ordem *Violales*, subordem *Caricinae* da família *Caricaceae*, gênero *Carica*. A família *Caricaceae* possui seis gêneros: *Vasconcellea* (20 espécies), *Jaracatia* (7 espécies), *Jarilla* (3 espécies), *Horovitzia* (1 espécie), *Cylicomorpha* (2 espécies) e *Carica* com uma única espécie (*Carica papaya* L.) a qual destaca-se por possuir grande importância econômica (VAN DROOGENBROECK *et al.*, 2004).

Diversas pesquisas defendem suas origens no sul do México e na América Central. Devido à ampla distribuição da cultura pelos espanhóis durante o século XVI e sua alta capacidade de adaptação às condições dos ambientes subtropicais, o mamoeiro está amplamente distribuído na maioria das regiões subtropicais e tropicais do mundo (FUENTES; SANTAMARÍA, 2014).

O mamoeiro apresenta caule herbáceo que pode atingir de 6 a 9 m de comprimento, semi-lenhoso com cerca de 10 a 30 cm de diâmetro, geralmente não ramificado. As flores são relativamente pequenas, afuniladas e com coloração que varia de branca a creme, podem ser encontradas solitárias ou formando inflorescências, estaminadas, pistiladas ou hermafroditas. As superfícies dos estigmas são esverdeadas e os estames amarelos. É uma planta diplóide ($2n = 18$ cromossomos), perene, podendo ser dióicas ou monóicas, de crescimento rápido (COTRUT *et al.*, 2017).

Produz frutos do tipo baga, com inúmeras sementes pretas envolvidas por arilo transparente, cujo mesocarpo carnoso de coloração amarela a avermelhada é altamente apreciada *in natura*, sendo usado, também, na elaboração de diferentes produtos e subprodutos por meio da industrialização. Seu valor nutricional está relacionado com o teor de açúcares, pró vitamina A

(β -caroteno) e vitamina C (ácido ascórbico), além de ter uma boa atividade funcional associada à capacidade laxante (COTRUT *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015).

2.2. Importância econômica

De acordo com dados da FAO (2021), a China é o maior produtor mundial de frutas com 27,9% da produção, a Índia ocupa a segunda posição com 11,8%. O Brasil está em terceiro lugar na produção mundial com 4,5%, ainda detém um pequeno percentual do mercado global de frutas. Em 2019 o país respondeu por apenas 2,4% do valor das exportações mundiais, atrás dos Estados Unidos, Espanha, China, Chile, Tailândia, México, Itália, Turquia e Equador (FAO/FAOSTAT, 2021).

O mamoeiro é uma das principais fruteiras das regiões tropicais e subtropicais do mundo, destacando-se por seu elevado valor nutricional, rico em açúcares e compostos bioativos como carotenóides e vitamina C. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2021).

Segundo Santos *et al.* (2018), grande parte da produção brasileira de mamão é destinada ao consumo interno e cerca de 90% das exportações de mamão são destinadas aos países europeus. No ano de 2020, o Brasil respondeu por 28,45% da exportação mundial do fruto, atrás apenas de México com 29,19%, sendo a Alemanha, Portugal e Espanha os principais destinos de exportação pelo Brasil (TRIDGE, 2021). No Brasil, os frutos piriformes produzidos pelas plantas hermafroditas são preferidos comparativamente aos frutos esféricos produzidos pelas plantas femininas, destinando-se aos mercados interno e externo.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), em 2020 a produção de mamão no Brasil apresentou uma área total colhida de 28,450 ha, sendo o Nordeste e Sudeste as principais regiões produtoras, 54,3% e 40,7% da produção, respectivamente. Os estados que mais se destacaram em produção de mamão foram Espírito Santo, Bahia e Ceará (IBGE, 2021).

O mamoeiro é, portanto, uma cultura de expressão e importância econômica, sendo uma frutífera capaz de produzir o ano todo. Ainda verde o fruto possui utilidades, pois apresenta elevados teores da enzima papaína que é comumente utilizada nas indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos (LIMA *et al.*, 2001; RAMOS *et al.*, 2008). O amplo mercado consumidor, a diversidade de usos e aplicações industriais são fatores importantes que estimulam a busca por altos índices na produção (PÁDUA, 2019).

No entanto, a produtividade do mamoeiro pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles estão as doenças. Na lista das principais doenças que cercam a produção do mamão destacam-se as viroses, sendo o vírus da mancha anelar do mamoeiro (*Papaya ringspot virus*, PRSV), o vírus do amarelo letal do mamoeiro (*Papaya lethal yellowing virus*, PLYV) e o vírus da meleira os mais conhecidos com ocorrência no Brasil (LIMA *et al.*, 2001).

O vírus causador da mancha anelar do mamoeiro é indiscutivelmente o que tem causado maiores preocupações, em virtude da forma de disseminação e pela ausência de resistência genética, causando sérios danos à produção e levando à perda total em alguns casos (DINESH *et al.*, 2007).

Os fatores climáticos estão entre os fatores limitantes à produção do mamoeiro, pois, influenciam no crescimento e no florescimento, refletindo conseqüentemente na produção de frutos. A reposição hídrica é uma estratégia utilizada para favorecer o crescimento adequado da cultura, visto que a disponibilidade de água é um fator limitante para o bom desempenho da planta, podendo afetar no número de folhas emitidas (ALMEIDA *et al.*, 2003).

Programas de melhoramento genético têm se empenhado para explorar a variabilidade da espécie *C. papaya* a fim de obter materiais altamente produtivos, adaptados às diferentes condições edafoclimáticas e tolerantes ou resistentes aos vírus, que são as principais ameaças à produção.

2.3. Recursos genéticos do mamoeiro

Há registros da cultura do mamoeiro na maioria das regiões tropicais do mundo, desde os séculos XV e XVI (BADILLO; LEAL, 2020). Registra-se, aproximadamente, 30 coleções de *Carica* spp. em todo o mundo, a fim de

conservar, caracterizar e avaliar o germoplasma existente permitindo a identificação de genótipos superiores e fornecendo material base para programas de melhoramento genético (DANTAS *et al.*, 2012).

É possível que o mamoeiro tenha sido introduzido no Brasil por volta de 1587, sendo cultivado atualmente em quase todo o território brasileiro (SERRANO; CATTANEO, 2010). Na década de 80, Estados brasileiros incentivaram o cultivo da fruta havendo uma difusão com plantio de variedades hermafroditas do tipo Havaí, grupo Solo, por apresentar baixa taxa de fecundação cruzada, reproduzindo-se por autofecundação. Logo em seguida a cultura se diversificou com a introdução dos híbridos do grupo Formosa, vindos da China (MARTINS; COSTA, 2003).

A conservação dos recursos genéticos do mamoeiro é essencial para a sustentabilidade da cultura, sendo fundamental para manter a diversidade genética (DANTAS *et al.*, 2013). Todas as formas de vida podem ser consideradas como alvo de conservação por seu papel na composição dos sistemas biológicos e de utilização pela humanidade. Contudo, por definição, são considerados recursos genéticos aqueles componentes da biodiversidade associados ao ser humano como fontes de alimento, fibras, energia e outras matérias-primas (COSTA *et al.*, 2012).

No Brasil, podemos destacar alguns bancos ativos de germoplasma (BAG) de mamoeiro, como o do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (Incaper), situado em Linhares, no Espírito Santo, o da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), situado, em Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, e o do Embrapa Mandioca e Fruticultura (CNPMP/Embrapa), localizado em Cruz das Almas, na Bahia. Existem bancos de germoplasma que são coordenados pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia por meio de um sistema conhecido como Plataforma Nacional de Recursos Genéticos e distribuídos em várias instituições, como universidades federais e estaduais, institutos estaduais de pesquisa e desenvolvimento e empresas estaduais (FERREIRA *et al.*, 2005).

Em virtude do processo de domesticação algumas espécies podem perder de forma gradativa a capacidade de sobreviverem sem a intervenção humana. Há cultivares de mamoeiro que são altamente suscetíveis à seca, por

exemplo, necessitando de irrigação para sobreviverem e atenderem às expectativas de produção, em contrapartida, seus parentes silvestres são capazes de sobreviver a longas estações com poucas chuvas e altas temperaturas (FUENTES; SANTAMARÍA, 2014).

Espécies silvestres também são importantes fontes de resistência a doenças do mamoeiro, como a mancha anelar e a meleira. Espécies silvestres como a *Vasconcellea quercifolia* e *Vasconcellea cauliflora*, por exemplo, possuem o gene de resistência ao *Papaya ringspot virus* (PRSV) que é o agente causador da mancha anelar do mamoeiro. Porém, a hibridação interespecífica não ocorre naturalmente devido às barreiras reprodutivas entre as espécies silvestres e espécies cultivadas de mamão (MAGDALITA *et al.*, 1997).

Segundo Fuentes e Santamaría (2014), cultivares comerciais de mamão foram selecionadas por suas altas taxas de germinação, enquanto espécies silvestres apresentam baixas taxas de germinação. As cultivares comerciais também sobressaem pela presença de plantas hermafroditas as quais produzem frutos que são aceitos comercialmente.

2.4. Aspectos florais do mamoeiro

O mamoeiro, *C. papaya*, é uma espécie trioica, possui plantas com flores estaminadas (masculina) ou pistiladas (feminina) e plantas hermafroditas, e diplóide com $2n=2x=18$ cromossomos (DAMASCENO JR. *et al.*, 2009). Em termos comerciais a grande maioria das lavouras nacionais é constituída por plantas hermafroditas. Dentre as três formas básicas de sexo que a espécie apresenta (Figura 1), a hermafrodita é mais vulnerável à reversão sexual, à carpeloidia e à pentandria (DAMASCENO JR. *et al.*, 2008), já as plantas femininas são estáveis às anomalias florais.

A descrição dos tipos de inflorescências e flores que ocorrem no mamoeiro é relatada por diversos autores, havendo diferenças relativas quanto às diversas partes das flores e seu conjunto, pela grande diversidade de formas florais existentes. Excetuando-se as formas feminina pura e masculina pura, existe uma série contínua de variações de tipos florais, que vão desde

flores com 10 estames e 5 carpelos a flores com 5 estames e 10 carpelos (COSTA, 2015; DAMASCENO JR. *et al.*, 2008).

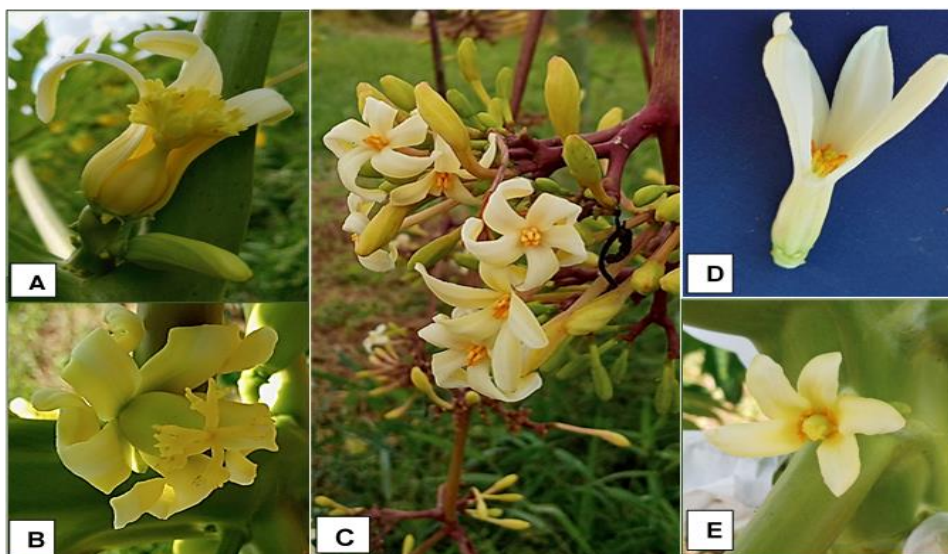


Figura 1. Tipos florais do mamoeiro. Flor pistilada ou feminina (A, B); Flor estaminada ou masculina (C); Flor hermafrodita (D, E). Fotos: Naiane Silva, 2021.

As plantas com flores estaminadas ou masculinas são caracterizadas por inflorescências longas e pendentes com coloração branco-cremosa, verde-amarelada ou amarela. No interior da flor são encontrados órgãos femininos e masculinos, o órgão masculino é constituído de cinco pares de estames funcionais, soldados às pétalas e dispostos em duas séries, sendo cinco superiores e cinco inferiores, enquanto o órgão feminino possui ovário muito rudimentar e geralmente estéril, podendo tornar-se funcional em determinadas condições climáticas, ocorrendo o desenvolvimento de frutos conhecidos como mamão de corda ou mamão macho (HOFMEYER, 1941; MARIN; GOMES, 1987; STOREY, 1941).

As plantas com flores pistiladas ou femininas possuem flores isoladas ou em números de duas a três, sem haste, podem ser branco-cremosas, amareladas ou amarelas, com pedicelos curtos, bractéola alongada próxima ao cálice, com presença apenas do órgão feminino, constituído de ovário grande, mais ou menos ovóide ou arredondado, são maiores que as masculinas. Não apresentam estames, fazendo-se necessários pólenes de flores masculinas ou

hermafroditas para que ocorra a fecundação produzindo frutos arredondados ou ligeiramente ovalados, com cavidade interna grande em relação à espessura da polpa, e conseqüentemente de baixo valor comercial (HOFMEYER, 1941; MARIN; GOMES, 1987; STOREY, 1941).

As plantas com flores hermafroditas possuem flores menores que as do tipo feminino, com duas ou seis flores alongadas que podem ter comprimento de 4 a 5 cm e 2 cm de diâmetro. Apresentam duas séries de cinco estames cada uma, com pistilo normalmente pentacarpelado, em pedúnculos curtos nas axilas foliares de mamoeiros hermafroditas, em alguns casos as anteras e os estames estão numa mesma altura, o que propicia a autofecundação, porém isso não é uma regra, pois, podem se localizar abaixo do estigma o que reduz as chances de autofecundação produzindo frutos de forma sempre alongada, mas variações na forma piriforme a cilíndricas são encontradas. Geralmente, a cavidade interna é menor do que a metade do diâmetro do fruto sendo de alto valor comercial (HOFMEYER, 1941; MARIN; GOMES, 1987; STOREY, 1941).

As formas sexuais não são apenas morfologicamente distintas, elas são herdadas em proporções diferentes devido a um fator letal associado a alelos dominantes masculinos (MING *et al.*, 2007).

Hofmeyr (1939) e Storey (1941), propuseram que a determinação do sexo em mamoeiros é controlada por um único gene com três alelos, nomeados M1, M2 e m por Hofmeyr e M, Mh e m por Storey. Segundo Storey (1941), indivíduos masculinos (Mm) e indivíduos hermafroditas (Mhm) são heterozigotos, enquanto indivíduos do sexo feminino (mm) são homozigotos recessivos. As combinações dominantes de MM, MhMh e MMh seriam letais, resultando em uma segregação de 2:1 de hermafrodita para feminina, de sementes hermafrodita autopolinizada, e uma segregação 1:1 de masculina para feminina ou hermafrodita para a feminina, a partir de sementes femininas de polinização cruzada.

Ming *et al.* (2007), averiguaram em estudos de sequenciamento de DNA que a determinação do sexo no mamoeiro se dá por uma região ligada ao sexo que se comporta como um cromossomo sexual XY, e masculinidade versus hermafroditismo controlado por regiões macho-específicas no cromossomo Y, denominadas Yh (HSY) em hermafroditas e MSY em masculinas. Assim, as

combinações XX, XY, XYh determinam, respectivamente, plantas femininas, masculinas e hermafroditas.

2.5. Fenologia reprodutiva

A reprodução do mamoeiro hermafrodita é autógama, com cleistogamia (DAMASCENO JR. *et al.*, 2009); o que o permite ser autofecundado sem expressiva depressão por endogamia, possibilitando a obtenção de linhagens endogâmicas no desenvolvimento de variedades ou de híbridos (DANTAS; LIMA, 2001).

O sucesso produtivo do mamoeiro é resultado de diversos fatores que são intrínsecos a cultivar, ao manejo e às condições ambientais durante o seu ciclo vegetativo e reprodutivo. Após iniciar a floração e, conseqüentemente, a produção, o mamoeiro continua o processo reprodutivo durante todo o seu ciclo de vida. Porém, durante o curso desse ciclo ocorrem instabilidades climáticas que poderão resultar em distúrbios na floração e no desenvolvimento dos frutos, afetando no rendimento da cultura (COSTA; PACOVA, 2003).

O conhecimento do comportamento de espécies cultivadas em relação ao ciclo fenológico, como uniformidade de maturação, duração do ciclo e florescimento, é essencial para subsidiar pesquisas visando ao melhoramento genético (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2009). Em experimentos envolvendo hibridação interespecífica, as informações referentes à fenologia são imprescindíveis, pois auxiliam na escolha de genitores cujo florescimento seja sincronizado e na identificação de materiais precoces (SOUZA *et al.*, 2012).

De acordo com Pezzopane *et al.* (2003), durante os ciclos vegetativos e reprodutivos, determinadas culturas passam por estádios fenológicos que são determinantes na formação da produção das plantas, sendo fundamental atribuir uma escala de notas a estes estádios.

Segundo Souza *et al.* (2012), o estudo das correlações entre a variável temperatura e as variáveis número de flores e amadurecimento dos frutos é uma importante ferramenta na caracterização do ciclo fenológico de uma determinada espécie, podendo-se obter dados relacionados ao efeito direto de uma variável sobre uma determinada característica da planta.

Segundo Almeida *et al.* (2003), as ocorrências de imperfeições nas flores do mamoeiro estão diretamente ligadas a fatores genéticos, em contrapartida estes são fortemente afetados por fatores ambientais. Os autores observaram que a ocorrência de flores estéreis tem sido responsável por grande parte das perdas na produção, sofrendo agravamento pelo déficit hídrico.

A definição do sistema de unidades térmicas ou graus-dia está entre as tentativas feitas para quantificar as relações entre as plantas e a temperatura do ar representando essa interação pelo acúmulo de temperaturas médias diárias. O conceito de graus-dia pressupõe que haja uma temperatura de linha de base, abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se isso acontecer ocorre em uma escala muito reduzida (ALMEIDA *et al.*, 2003).

2.6. Anomalias florais

O mamoeiro é altamente influenciável por fatores ambientais causando variações na flor hermafrodita, estas variações são classificadas como anomalias florais (RAMOS *et al.*, 2011).

No período do inverno, é comum a ocorrência de pentandria, na qual os frutos são arredondados, com cinco sulcos longitudinais profundos provocados pela fusão dos estames com o ovário. A carpeloidia é favorecida em ambientes com temperatura baixa ou amena, alto nível de umidade, deficiência de nitrogênio no solo e déficit hídrico, de modo que a flor hermafrodita pode converter seus estames em estruturas semelhantes a carpelos, produzindo frutos com graus variados de malformação e as altas temperaturas podem favorecer a esterilidade de verão, impedindo que a flor hermafrodita desenvolva o pistilo, o aborto ou atrofia ovariana, impede a produção dos frutos. (ARKLE JUNIOR; NAKASONE, 1984; PEREIRA *et al.*, 2020; RAMOS *et al.*, 2011).

Estaminação ou esterilidade de verão é um fenômeno que provoca a anomalia conhecida como reversão sexual, nas flores do mamoeiro hermafrodita. A anomalia é caracterizada pela atrofia do ovário, o que impede a formação do fruto, e os fatores ambientais (temperatura, estresse hídrico, umidade do ar e do solo) exercem influência direta e significativa na ocorrência das anomalias (MARTELLETO *et al.*, 2011).

A ocorrência da pentandria e carpeloidia também está associada a fatores genéticos do tipo sobredominância e expressam heterose positiva nos híbridos. (DAMASCENO JUNIOR *et al.*, 2008). Havendo a possibilidade, também, da ocorrência de frutos “bananóides”, os quais têm seu formato e a cavidade ovariana alongada, podendo ocorrer devido a uma polinização dessincronizada (MOREIRA *et al.*, 2019).

A incidência dessas anomalias florais caracteriza um dos principais problemas da cultura, pois refletem negativamente na produção de frutos comerciais, e dessa forma, a identificação de plantas mais adaptadas às flutuações das principais variáveis climáticas, sobretudo temperatura do ar, deve ser considerada como um dos objetivos principais do melhoramento genético do mamoeiro (RAMOS *et al.*, 2011).

O melhoramento genético é fundamental para se obter novas cultivares que sejam resistentes a doenças e adaptadas às condições climáticas que causam diversas anomalias. Damasceno Junior *et al.* (2008), em estudos sobre o comportamento floral de híbridos de mamoeiro, observaram que as flores hermafroditas de mamoeiro sofrem fortes influências ambientais sendo que em meses com temperaturas mais elevadas as flores são mais suscetíveis à esterilidade, já nos meses mais frios há maior ocorrência da carpeloidia e pentandria.

2.7. Grupos heteróticos e variedades de mamoeiro

Apesar da importância da cultura do mamoeiro para a fruticultura Brasileira, a cultura possui um número ainda limitado de cultivares plantadas, apesar de existirem mais de 50 cultivares registradas no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), poucas são cultivadas. Os dois grupos heteróticos mais explorados são o Solo e o Formosa. Dentre as cultivares do grupo Solo, destacam-se Sunrise Solo, Golden e Improved Sunrise Solo Line cv. 72/12, conhecidos, comercialmente, como mamão papaia e mamão havaí. No grupo Formosa, destacam-se os híbridos Calimosa, Tainung nº1 e Tainung nº2, Rubi. (LUZ *et al.*, 2015; SERRANO; CATANNEO, 2010).

As variedades do grupo Solo são preferidas quando se trata de exportação, por apresentam polpa avermelhada, tamanho pequeno (300 a 650 g), maior resistência ao armazenamento, precocidade e alta produtividade; já as variedades do grupo Formosa, apresentam polpa laranja-avermelhada, tamanho médio (1.000 a 1.300 g), baixa resistência ao transporte e ao frio, e maturação rápida, possuem maior demanda interna (DIAS *et al.*, 2011).

Segundo Ruggiero *et al.* (2011), a partir de 1982 no Brasil houve uma grande evolução no melhoramento genético do mamoeiro, no que diz respeito ao desenvolvimento de variedades do grupo Solo. Foram introduzidas variedades comerciais buscando atender a demanda dos mercados interno e externo, tais como: Sunrise Solo 72/12; Baixinho de Santa Amália; Grampola; Golden; Gran Golden; Sunrise Solo BSA; Golden MD 2 e Golden THB.

No início da década de 70, o híbrido Tainung 01, do grupo Formosa, foi introduzido no Brasil. Em 2001 sementes do primeiro híbrido nacional do grupo Formosa foram lançadas e disponibilizadas no mercado, o híbrido Calimosa. Já em 2011, a primeira variedade deste mesmo grupo foi lançada ao público, a Rubi Incaper 511 (RUGGIERO *et al.*, 2011).

No Brasil, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de *Carica* spp., bem como dos demais gêneros da família Caricaceae, encontra-se instalado na sede da Embrapa Mandioca Fruticultura, em Cruz das Almas, BA. Visando a conservação da variabilidade genética do mamoeiro, o BAG-mamão possui 219 acessos, distribuídos nos seguintes materiais: genótipos das cultivares 'Solo' e 'Formosa' (da espécie *C. papaya* L.), híbridos como o 'Caliman' e o 'Tainung', bem como espécies dos gêneros *Jacaratia* e *Vasconcelea* (NOBRE; SILVA; SILVA, 2021). A conservação dos acessos é feita sob condições de campo e por meio do armazenamento de sementes a 4°C, em geladeira (DANTAS *et al.*, 2012).

2.8. Melhoramento genético do mamoeiro

Devido à falta de aceitabilidade por parte dos produtores a novos cultivares para uso na cultura do mamoeiro, seu cultivo torna-se ainda mais suscetível às doenças, pragas e às variações edafoclimáticas. Assim, o

melhoramento genético torna-se extremamente relevante contribuindo para o aumento da variabilidade genética dos cultivos por meio do desenvolvimento de novos genótipos que sejam menos vulneráveis aos fatores ambientais, às principais pragas e doenças e com qualidade de frutos que atendam às exigências do mercado consumidor (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Segundo Dantas *et al.* (2012), a realização de missões de coleta, recuperação de acessos perdidos em coletas e/ou introduções são fundamentais para o enriquecimento dos recursos genéticos, tendo em vista a ampliação da variabilidade intra e interespecífica, contribuindo para a sustentabilidade da cultura do mamoeiro, preservação da variabilidade genética existente na família Caricaceae e redução da vulnerabilidade do gênero *Carica*.

Segundo Dias *et al.* (2011), o desenvolvimento de variedades de mamoeiro com características agronômicas desejáveis, alta qualidade de frutos e que apresente resistência a doenças, é desafiador para os melhoristas da cultura, visto que essas características não têm sido encontradas em um único genótipo. Por isso, o conhecimento da variabilidade genética, disponível no germoplasma da espécie, torna-se um pré-requisito para a indicação de potenciais genitores, para se combinarem alelos relacionados a características de importância econômica, no direcionamento dos cruzamentos em programas de melhoramento.

É possível selecionar de novas progênies, originadas de genótipos dioicos, para a constituição de futuras populações via seleção recorrente no avanço de gerações e no desenvolvimento de novas linhagens de mamoeiro, que sejam resistentes a doenças. A seleção recorrente é uma metodologia pouco empregada em mamoeiro, sendo promissora por visar o aumento da frequência e recombinação de alelos favoráveis mantendo a variabilidade genética na população (MOREIRA *et al.*, 2019).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. T.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. GROWTH AND YIELD OF PAPAYA UNDER IRRIGATION. **Scientia Agricola**, Piracicaba-Braz., v.60, n.3, p.419-424, jul./set. 2003.
- ARKLE, JR. T. D.; NAKASONE, H. Y. Floral differentiation in the hermaphroditic papaya. **HortScience**, EUA, v.19, n. 6, p.832-834, 1984.
- COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. (eds.). A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: **Incaper**, p. 59-102, 2003.
- COSTA, A. F. S. Aspectos gerais do melhoramento do mamoeiro, 2015. **Incaper** (2003, cap. 10)
Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/862>>
Acesso em: 26 de junho de 2022.
- COTRUT, R.; BUTCARU, A.; MIHAI C.; STĂNICĂ F. Carica papaya L. cultivated in greenhouse conditions. **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 130- 136, 2017.
- BADILLO, V, M.; LEAL, F. Taxonomia e Botânica das Caricaceae. **Horticultural Reviews**, v. 47, n. 1, p. 289-323, 2020.
- DAMASCENO JR, P. C.; SANTANA P. T. N.; FILHO SILVA, F.; PIO VIANA, A.; GONZAGA, P. M. Comportamento floral de híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) avaliados no verão e na primavera. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 310-316, Viçosa, jul./ago, 2008.
- DAMASCENO JR, P. C.; COSTA, F.R.; PEREIRA, T.N.S.; NETO, M.F.; PEREIRA, M.G. Karyotype determination in three Caricaceae species emphasizing the cultivated form (*C. papaya* L.). **Caryologia**. v. 62, n.1, p. 10-15, Fortaleza-CE, 2009.
- DANTAS, J.L.L.; LIMA, J.F. SELEÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE VARIEDADES DE MAMOEIRO: AVALIAÇÃO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n. 3, p. 617-621, dez. 2001.
- DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Embrapa**, Brasília, v. 1, ed. 2, p. 1-170, 2013.
- DIAS, N. L. P.; OLIVEIRA, E. J.; DANTAS, J. L. L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros

genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, p. 1471-1479, nov. 2011.

DINESH, M. R.; REKHA, A.; RAVISHANKAR, K. V.; PRAVEEN, K. S.; SANTOSH, L. C. Breaking the intergeneric crossing barrier in papaya using sucrose treatment. **Scientia horticultrae**, v. 114, n. 1, p. 33-36, Índia, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Principais países produtores de papayas**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 06 out. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Principais países exportadores de papayas**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>>. Acesso em: 06 out. 2020.

FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J. M. Papaya (*Carica papaya* L.): Origin, Domestication, and Production. In: MING, R., MOORE, P. (eds) **Genetics and Genomics of Papaya. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models**. Springer, v. 10, p. 3-15. Nova York, NY, 2014.

GASPARI-PEZZOPANEI, C.; FAVARIN, J. L.; MALUF, M. P.; PEZZOPANE, J. R. M.; GUERREIRO FILHO, O. Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.711-717, mai-jun, 2009.

HOFMEYR J. D. J. Sex reversal in *Carica papaya* L. **South African Journal Of Science**, v. 36, p. 283–285, julho de 1939.

HOFMEYR, J. D. J. Genetics of *Carica papaya* L. **Chronica Botanica**, v. 6, n. 11, p. 245-247, 1941. In: ALONSO, M.; FARRÉS, E.; TORNET, Y.; CASTRO, J.; RAMOS, R.; RODRÍGUEZ, M. C. Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. **Cultrop**, Havana, v. 29, n. 2, p. 59-64, abr-jun. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL (IBGE – PAM). **Tabelas**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 06 out. 2020.

LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A.; SOUZA JR., M. T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G. P. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 689–702, dezembro de 2001.

LUZ, L. N.; PEREIRA, M. G.; BARROS, F. R.; BARROS, G. B.; FERREGUETTI, G. A. Novos Híbridos De Mamoeiro Avaliados Nas Condições De Cultivo Tradicional E No Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 159-171, março 2015.

MAGDALITA, P. M.; DREW, R. A.; ADKINS, S. W.; GODWIN, I. D. Morphological, molecular and cytological analyses of *Carica papaya* × *C.*

cauliflora interspecific hybrids. **TAG Theoretical and Applied Genetics**, v. 95, n. 1-2, p. 224–229, 1997.

MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A. Sexagem do mamoeiro e sua aplicação no desbaste de plantas. 2 ed., **EMCAPA**, Circular Técnica 11, 20 p., Vitória-ES, 1987.

MARTELLETO, L. A. P.; RIBEIRO, R. L. D.; SUDO-MARTELLETO, M.; VASCONCELLOS, M. A. S.; PEREIRA, M. B. Expressão da Esterilidade Feminina e da Carpeloidia em Mamoeiro sob Diferentes Ambientes de Cultivo Protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v.33, n.4, p. 1185-1193. Dezembro 2011.

MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória, ES: **Incaper**, 497 p., 2003. ISBN 85-89274-04-7.

MING, R.; YU, Q.; MOORE, P. H. Sex determination in papaya. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 18, p. 401–408, 2007.

MOREIRA, N. F.; PEREIRA, T. N. S.; CATARINA, R. S.; CORTES, D. F. M.; VETTORAZZI, J. C. F.; RAMOS, H. C. C.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G. Quantification of floral abnormalities in a population generated from sexual polymorphism aiming at recurrent selection in papaya. **Bragantia**, Campinas, v. 78, n. 2, p. 158-165, 2009.

NOBRE, V. F.; SILVA, S. O.; SILVA, M. S. Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 38, n. 1, e26771, 2021.

OLIVEIRA, E. J.; LIMA, D. S.; LUCENA, R. S.; MOTTA, T. B. N.; DANTAS, J. L. L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.855-862, ago. 2010.

PÁDUA, T. R. P. Plano estratégico para a cultura do mamoeiro: 2017-2021.1 / Editor técnico, Tullio Raphael Pereira de Pádua. – Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2019. 32 p.- (Documentos/ Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996.228).

PEREIRA, M. G.; POLTRONIERI, T. P. S.; PEREIRA, T. N. S.; RAMOS, H. C. C.; et al. Twenty Two-Year Papaya Breeding Program: From Breeding Strategy Establishment To Cultivar Development. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 1, n. 2, p. 9-27, dezembro de 2019.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. Escala de avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

RAMOS, N. F.; NASCIMENTO, A. K. Q.; GONÇALVES, M. F. B.; LIMA, J. A. A. The presence of Papaya ringspot virus and Papaya lethal yellowing virus in commercialized papaya fruits. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 6, p. 449-452, nov/dez 2008.

RAMOS, H. C. C., PEREIRA, M. G., FILHO SILVA, F., VIANA, A. P., FERREGUETTI, G. A. Seasonal and genetic influences on sex expression in a backcrossed segregating papaya population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 97-105, 2011.

RESENDE, Marcos Deon Vilela de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

REED, B.M.; SARASAN, V.; KANE, M.; BUNN, E.; PENCE, V.C. Biodiversity conservation and conservation biotechnology tools. **In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant**, v. 47, n. 1, p. 1-4, 2011.

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.76-82, outubro-2011.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

SANTOS, K. F. T.; SANTOS, M. L. G. T.; CELLA, D.; SPADA, R. K. FRUTICULTURA: estudo do comércio internacional do mamão. **Revista Interface Tecnológica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 323-335, 2018. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/499>> Acesso em: 5 out. 2020.

SAS Institute. Inc. Sas/Stat Users Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute Cary, NC, USA (2010).

SERRANO, L. A. L.; CATANNEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3 p. 657-959, 2010.

SILVA, E.P.; BECKER, F.S.; SILVA, F.A.; SOARES JÚNIOR, M.S.; CALIARI, M. et al. Bebidas mistas de extratos de arroz com maracujá e mamão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.74, n.1, p.49-56, 2015.

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

STOREY, W.B. (1941). The botany and sex relationships of the papaya. In: Papaya production in the Hawaiian Islands. JONES, W. W. *et al.* **Hawaii Agricultural Experiment Station, Bulletin** v. 87, p. 5-22, 1941.

TRIDGE – (Papaya: 2019-2020). Disponível em:
<<https://www.tridge.com/intelligences/papaya>> Acesso em: 26 de junho 2022.

VAN DROOGENBROECK, B.; KYNDT, T.; MAERTENS, I.; ROMEIJN-
PEETERS, E.; SCHELDEMAN, X.; ROMERO-MOTOCHI, J. P.;
SCHELDEMAN, X.; ROMERO-MOTOCHI J. P.; VAN DAMME, P.;
GOETGHEBEUR, P.; GHEYSEN, G. Phylogenetic analysis of the highland
papayas (*Vasconcellea*) and allied genera (*Caricaceae*) using PCR-RFLP.
Theoretical and Applied Genetics, v. 108, n. 8, p. 1473–1486, 2004.

CAPÍTULO 1

Diversidade fenotípica, mapa de florescimento e frutificação de acessos de mamoeiro

DIVERSIDADE FENOTÍPICA, MAPA DE FLORESCIMENTO E FRUTIFICAÇÃO DE ACESSOS DE MAMOEIRO

RESUMO: O rendimento satisfatório da cultura do mamoeiro é resultado de diversos fatores, que são intrínsecos à cultivar, ao manejo e às condições ambientais durante o seu ciclo vegetativo e reprodutivo. As plantas hermafroditas de mamoeiro são preferidas comercialmente, porém, são muito sensíveis aos fatores ambientais, a depender das interferências climáticas, podem haver danos na frutificação, que poderão ser intensificadas pela característica genética do genótipo. Este trabalho teve por objetivo avaliar a fenologia floral e frutificação de acessos de *Carica papaya* e da espécie silvestre *Vasconcellea quercifolia* do Banco ativo de Germoplasma do Mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram observados o início da emissão de botões florais, antese e frutificação, relacionando estes eventos às variáveis climáticas. As características avaliadas para os acessos de *C. papaya* foram número de botões florais (NBF), número de flores hermafroditas (NFH) e número de frutos comerciais (NFC) avaliados no período de fevereiro a novembro de 2021. Foram estimados parâmetros genéticos associados a repetibilidade utilizando a metodologia REML/BLUP. Em seguida foi realizada a análise multivariada para agrupamento dos acessos por meio de dendrograma e mapa de calor. Foi utilizado um índice de seleção baseado para identificar acessos com elevado padrão de florescimento e frutificação. Na espécie silvestre *V. quercifolia* foram analisadas número de flores femininas (NFF), número de flores masculinas (NFM) e número de frutos (NF). As magnitudes de herdabilidade foram altas para as características NBF ($h^2 \geq 0,60$) e NFC ($h^2 \geq 0,64$) evidenciando elevada variabilidade genética entre os acessos do banco de germoplasma. Para essas características também foram obtidas elevadas magnitudes de repetibilidade ($\rho=0,95$ e $\rho=0,97$, respectivamente). Para NFH a herdabilidade foi baixa ($h^2=0,32$) e assim como a repetibilidade ($\rho =0,47$) mostrando que essa característica é altamente influenciada pelos fatores ambientais. A análise de agrupamento revelou três clusters de acessos com padrão de florescimento e frutificação similares. Na espécie *V. quercifolia* as plantas masculinas apresentaram maiores médias de NBF e NF. As plantas femininas apresentaram frutos nos meses de julho e agosto meses de baixas temperaturas e elevados níveis de precipitação. Também houve produção de frutos em novembro, mês com altos níveis de precipitação pluviométrica. Foram selecionados 42 acessos de *C. papaya* com elevadas médias de botões florais, flores hermafroditas e frutos comerciais com potencial uso para recomendação de híbridos linhagens perse e/ou genitoras de novos híbridos.

Palavras chave: *Carica papaya* L., *Vasconcellea quercifolia* A.HT., dendrograma, fenologia, grupo heterótico.

PHENOTYPIC DIVERSITY, FLOWERING AND FRUITING MAP OF PAPAYA ACCESSIONS

Abstract: The satisfactory yield of the papaya crop is the result of several factors, which are intrinsic to the cultivar, management and environmental conditions during its vegetative and reproductive cycle. Hermaphrodite papaya plants are commercially preferred, however, they are very sensitive to environmental factors, depending on climatic interference, there may be damage to fruit set, which may be intensified by the genetic characteristic of the genotype. This study aimed to evaluate the action of climatic conditions, in summer and winter, on floral phenology and fruit set in accessions of *Carica papaya* and wild species *Vasconcellea quercifolia* from the active papaya germplasm bank of Embrapa Mandioca e Fruticultura. The beginning of the emission of flower buds, anthesis and fructification were observed, relating these events to the climatic variables. The characteristics evaluated for *C. papaya* accessions were number of flower buds (NBF), number of hermaphrodite flowers (NFH) and number of commercial fruits (NFC) evaluated from February to November 2021. Genetic parameters associated with repeatability using the REML/BLUP methodology. Then, the multivariate analysis was performed to group the accessions through dendrogram and heat map. A selection-based index was used to identify accessions with a high pattern of flowering and fruiting. In the wild species *V. quercifolia*, the number of female flowers (NFF), number of male flowers (NFM) and number of fruits (NF) were analyzed. The heritability magnitudes were high for the NBF ($h^2 \geq 0.60$) and NFC ($h^2 \geq 0.64$) traits, showing high genetic variability among the accessions of the germplasm bank. For these characteristics, high repeatability magnitudes were also obtained ($\rho=0.95$ and $\rho=0.97$, respectively). For NFH the heritability was low ($h^2=0.32$) and as well as the repeatability ($\rho =0.47$) showing that this characteristic is highly influenced by environmental factors. Cluster analysis revealed three clusters of accessions with similar flowering and fruiting patterns. In the species *V. quercifolia*, male plants presented higher averages of NBF and NF, (month of low temperature). Female plants presented fruits in the months of July and August, months of low temperatures and high levels of precipitation. There was also fruit production in November, month with high levels of rainfall, 42 accessions of *C. papaya* with high averages of floral buds, hermaphrodite flowers and commercial fruits with potential use for the development of lines and hybrids were selected.

Keywords: *Carica papaya* L., *Vasconcellea quercifolia* A.HT., clustering, phenology, heterotic group.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro possui polimorfismo floral, apresentando três tipos de flores: masculinas, femininas ou hermafroditas, podendo ocorrer variações, as quais são consideradas anomalias florais (DAMASCENO JR. *et al.*, 2008; 2009). Em regiões produtoras, os mamoeiros hermafroditas são os mais cultivados comercialmente devido à alta produtividade, sobretudo, por apresentarem frutos com maior relação polpa/volume se comparados aos frutos das plantas femininas. Porém, em regiões subtropicais fatores ambientais levam à ocorrência de anomalias florais em plantas hermafroditas comprometendo a produtividade e levando ao aumento no cultivo das plantas femininas (MING *et al.*, 2008). Diante disso, compreender os efeitos dos fatores ambientais e suas interações com os processos fisiológicos do mamoeiro é de extrema importância para a sustentabilidade econômica da produção agrícola (CAMPOSTRINI *et al.*, 2018).

Os elementos climáticos que mais influenciam o mamoeiro são disponibilidade de água durante o ciclo, temperatura e umidade relativa do ar. Para responder com alta taxa de produtividade e qualidade dos frutos, a cultura depende de um conjunto de fatores, como a luz, temperatura, solo, CO², água e nutrientes minerais. A ação conjunta desses fatores irá influenciar as taxas de crescimento, produtividade e qualidade (COSTA; COSTA, 2003). Assim, a cultura desenvolve-se, satisfatoriamente, em locais com temperatura média anual de 25°C, com limites entre 21 e 33°C, e precipitação pluviométrica de 1500 mm anuais, mensalmente bem distribuída.

Outro desafio que envolve o cultivo do mamoeiro é a incidência de pragas e doenças, por ser suscetível a diversas doenças, tais como mancha anelar, varíola (pinta preta), podridão peduncular e a antracnose (OLIVEIRA *et al.*, 2007) o produtor sofre perdas com a redução considerável na produção. A mancha fisiológica (mosaico) (*Papaya ringspot virus* - PRSV-p) e meleira do mamoeiro (*Papaya meleira virus* -PmeV) são as de maior limitação para a implementação da cultura devido à dificuldade de controle (OLIVEIRA *et al.*, 2007), fazendo-se necessário a erradicação e a migração da cultura.

Segundo Damasceno Jr. *et al.* (2015), os germoplasmas silvestres constituem uma importante fonte de genes para o melhoramento genético vegetal. A transferência de genes de espécies silvestres e/ou gêneros relacionados para espécies cultivadas, via hibridação, é de grande interesse para a combinação do potencial genético das espécies, além de possibilitar a introgressão de novos genes de interesse em variedades cultivadas.

Além da resistência às doenças do mamoeiro, as espécies silvestres também se adaptam às condições ambientais adversas. Assim, a utilização de espécies silvestres no melhoramento do mamoeiro é importante para a ampliação da base genética da espécie cultivada (*C. papaya*). Entretanto, para que a hibridação interespecífica e/ou intergenérica seja bem-sucedida, é necessário conhecer as relações genéticas entre as diferentes espécies que serão utilizadas no programa de melhoramento (DAMASCENO JR. *et al.*, 2015).

Segundo Silva *et al.* (2006), os estudos fenológicos são de fundamental importância, pois, permitem um melhor planejamento para realização de hibridações, visando à obtenção de sementes híbridas para o programa de desenvolvimento de cultivares, além de gerar informações sobre o desenvolvimento da cultura em relação ao ambiente, especialmente às variações climáticas estacionais.

O conhecimento do comportamento de espécies cultivadas em relação ao ciclo fenológico, como uniformidade de maturação, duração do ciclo e florescimento, é essencial para subsidiar pesquisas visando ao melhoramento genético (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2009).

A cultura do mamoeiro foi introduzida no Brasil onde as condições climáticas são diferentes do seu centro de origem, portanto, a avaliação da fenologia dessa espécie no Brasil é de grande importância para o melhoramento da cultura, pois, fornece informações sobre a adaptação climática da espécie (MEKAKO; NAKASONE, 1975). Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a fenologia floral e frutificação de acessos de *C. papaya* e da espécie silvestre *V. quercifolia* do banco ativo de germoplasma do mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de condução do experimento e condições experimentais

O estudo foi realizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA), localizada na cidade de Cruz das Almas, Bahia, Brasil (Latitude: 12°41' S, Longitude; 39°07' W, Altitude 220m). A região possui clima tropical quente e úmido, a precipitação média anual chega a 1170 mm, podendo variar entre 900 e 1300 mm, março a agosto são os meses de maior precipitação (INMET, 2022).

O experimento foi conduzido na área da fazenda experimental do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do mamoeiro (Figura 1), situada em zona de transição entre floresta úmida sub perenal e semidecidual, onde o solo é Latossolo Amarelo distrófico com textura franco-argilosa moderada (RODRIGUES *et al.*, 2009).



Figura 1. Área experimental do Banco Ativo de Germoplasma do mamoeiro, Embrapa Mandioca e Fruticultura (A, B), fevereiro de 2021, cinco meses após o transplante. Fotos: Naiane Silva, 2021.

2.2. Material Vegetal

Foram avaliados 140 genótipos, sendo 70 do grupo Solo e 69 do grupo Formosa, 139 acessos de *Carica papaya* L. e 1 acesso da espécie silvestre *Vasconcellea quercifolia*. Inicialmente as sementes foram semeadas em sacos de polietileno e 30 dias após a semeadura as mudas foram transplantadas para

o campo. Foram plantadas três mudas por cova, em linhas com espaçamento de 3 m entre fileiras e 1,5 m entre plantas. Posteriormente foi realizada a sexagem retirando as plantas femininas, permanecendo 8 plantas hermafroditas de cada acesso. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura.

2.3. Avaliação da floração e frutificação

As avaliações foram realizadas nas plantas hermafroditas dos acessos de *C. papaya*, tendo em vista que estas produzem os frutos que são comercialmente aceitos pelos consumidores. Os acessos foram avaliados durante 10 meses (fevereiro a novembro de 2021).

Foram realizadas avaliações semanais para contabilizar o Número de Botões Florais (NBF), Número de Flores Hermafroditas (NFH) e Número de Frutos Comerciais (NFC) das plantas hermafroditas nos acessos de *C. papaya* (Figura 2).

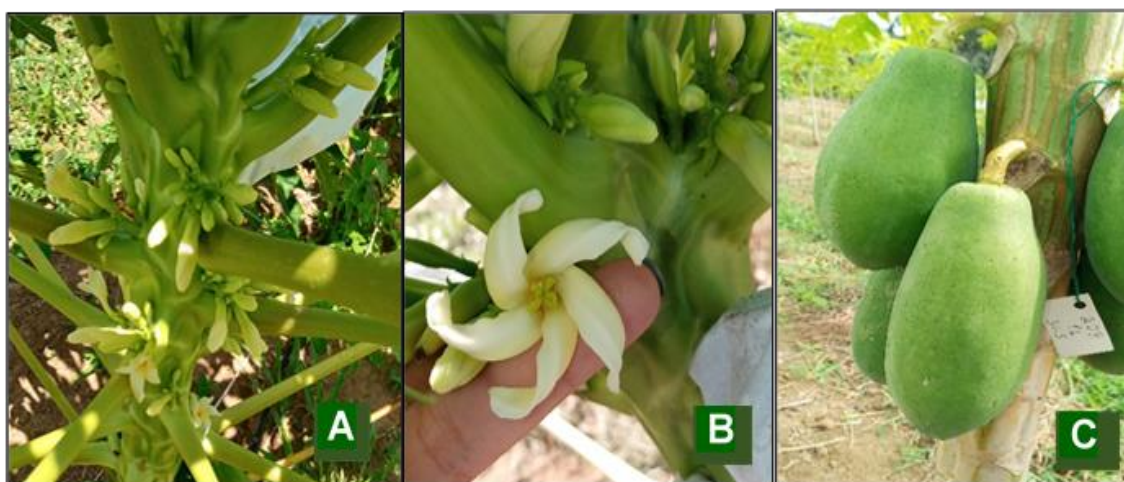


Figura 2. Botões florais (A), Flor em antese (B) e Frutos (C) de acessos de *Carica papaya* L. Fotos: Naiane Silva, 2021.

As avaliações foram realizadas durante os turnos da manhã (entre 8:00h e 11:00h) e à tarde (entre 14:00h e 17:00h). Para *C. papaya* a contagem de botões florais foi considerada a partir da emissão de botões com aproximadamente 0,5 cm de comprimento. A avaliação da antese foi considerada a partir da abertura total da flor. Foram contabilizados os frutos com aproximadamente 5,0 cm de comprimento. Semelhantemente, foram

realizadas avaliações semanais para contabilizar os botões florais, flores em antese e total de frutos das plantas da espécie silvestre (Figura 3). Os critérios para avaliação da espécie silvestre foram os mesmos, exceto para os frutos, por serem menores, foram contabilizados a partir de 3,0 cm de comprimento.

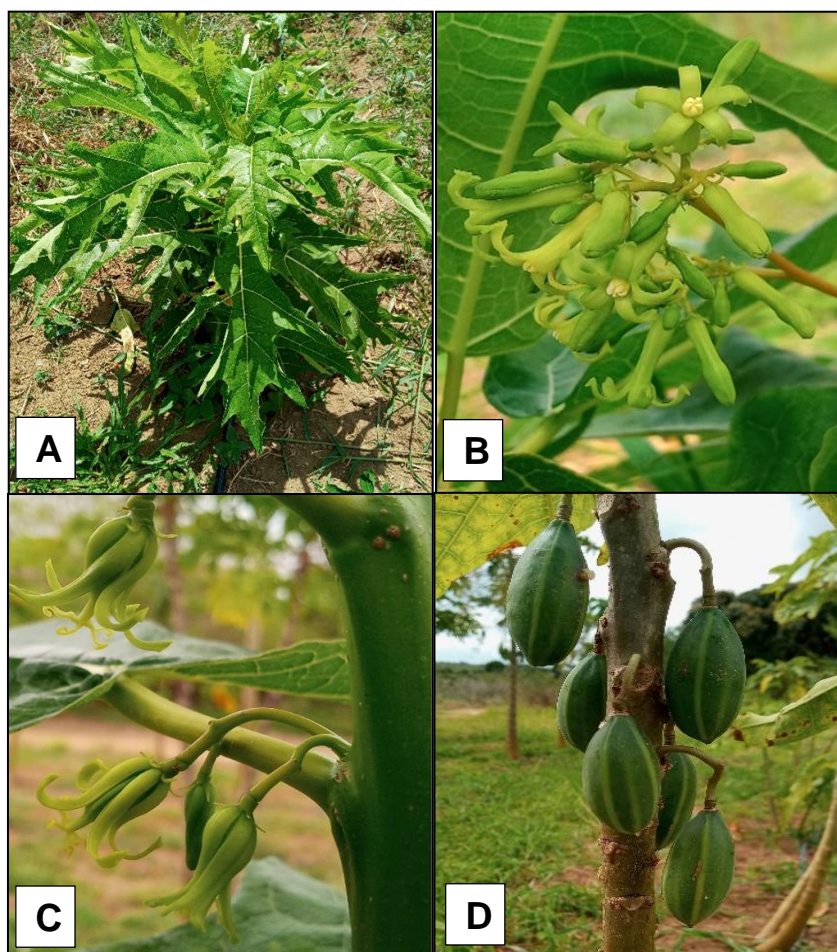


Figura 3. Espécie silvestre de mamoeiro *Vasconcellea quercifolia* A.HT. (A); Flores em antese e botões florais da planta masculina (B); Flores em antese e botão floral da planta feminina (C); Frutos de flores femininas (D). Fotos: Naiane Silva, 2021.

Foram obtidos na estação meteorológica da EMBRAPA os dados meteorológicos referentes à temperatura mínima, média e máxima (°C) e Precipitação (mm) no período de avaliação dos acessos para estudar o efeito das variáveis climáticas no florescimento e frutificação no período de fevereiro a novembro de 2021.

2.4. Análise estatística

Realizou-se análise estatística estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos considerando a estimação de parâmetros associados à repetibilidade bem como os valores fenotípicos permanentes. As características foram analisadas utilizando a metodologia dos modelos lineares mistos, mediante o procedimento REML (máxima verossimilhança restrita) para estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos e pelo Blup (melhor preditor linear não viciado) para estimar os valores fenotípicos permanentes.

Uma vez que foram realizadas avaliações semanais no período de fevereiro a novembro de 2021, os meses foram considerados como blocos. Portanto, foi utilizado um modelo de repetibilidade para experimentos em delineamento em blocos completos. O referido modelo foi analisado utilizando o Software Selegen-REML/BLUP conforme apresentado por Resende (2016).

As correlações entre características foram estimadas pelo teste de correlação de Pearson, para o qual a hipótese de correlação igual a zero foi analisada pelo teste t com $n-2$ graus ($p < 0,05$), utilizando o pacote corrplot (WEI; SIMKO, 2021) da versão do software R 4.01 (R CORE TEAM, 2022).

Foram construídos gráficos Boxplots utilizando o pacote ggpubr (KASSAMBARA, 2018) do software R versão 4.01 (R CORE TEAM, 2022) para visualizar a distribuição e a existência de diferenças entre acessos para características reprodutivas durante o período de 10 meses.

O número de clusters de papaya construído com base em características reprodutivas foi determinado com base no algoritmo Kmeans utilizando a distância euclidiana. O número de clusters foi estimado com base na soma de quadrados dentro de grupos. Após determinar o número de grupos mais adequado para representar a diversidade de germoplasma, o dendrograma e mapa de calor foram construídos usando o pacote circlize (GU *et al.*, 2014) do software R versão 4.01 (R CORE TEAM, 2022).

Foram ajustados modelos de regressão polinomial para cada cluster formado a partir da análise de agrupamento. Inicialmente, foram construídos modelos de regressão polinomial em função dos meses no período de avaliação para Número de Botões Florais, Número de Flores Hermafroditas e

Número de Frutos Comerciais. Em seguida, foram ajustados modelos lineares em função das variáveis climáticas (precipitação, temperatura mínima, temperatura média, temperatura máxima). O modelo adotado foi o seguinte:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_j + \beta_2 X_j^2 + \varepsilon$$

Y: variável de resposta;

β_0 : Intercepto;

$\beta_1 X_j$: Coeficiente de regressão da variável X;

$\beta_2 X_j^2$: Coeficiente de regressão da variável X;

Os modelos foram ajustados com auxílio do pacote ggpubr (KASSAMBARA, 2018) do software R versão 4.01 (R Core Team 2022).

Quarenta e dois acessos de mamoeiro foram selecionados com alta produção de botões florais, flores hermafroditas e frutos comerciais. A seleção foi realizada empregando o índice aditivo padronizado (IAPA) que se refere à soma dos valores fenotípicos permanentes de cada característica multiplicada por seus respectivos pesos econômicos. O índice foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IAP = (NBF) + (NFH) + (NFC \times 50)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Diversidade fenotípica, agrupamento e mapa de calor de acessos de mamoeiro com base em florescimento e frutificação

O ano de 2021 apresentou níveis atípicos de precipitação (Figura 4). Em média, ao longo do ano o mês com maior precipitação é o mês de abril, porém, observa-se que no ano em questão o mês de novembro apresenta o maior nível de precipitação seguido dos meses de abril, julho e agosto, respectivamente, meses em que se considera final do inverno e início da primavera, havendo aumento no número de botões florais e início da coleta de dados de flores hermafroditas em antese.

Em Cruz das Almas, geralmente, o verão é longo e quente com inverno curto e ameno. Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia entre 18°C a 34°C. Comparando as condições meteorológicas médias entre os anos de 2014 a 2021, o mês com maior número de dias com precipitação foi o mês de abril, com média de 12,3 dias. O mês com menor número de dias com precipitação foi o mês de outubro, com média de 5,4 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação. O mês de fevereiro foi o mês mais quente do ano, com máxima de 34°C e mínima de 22°C, em média e o mês de julho o mais frio do ano, com máxima de 19°C e mínima de 28°C, em média (WEATHER SPARK, 2022).

A fase fenológica de qualquer cultura tem sido correlacionada através do uso da soma térmica, técnica amplamente utilizada para quantificar o tempo necessário para qualquer fase fenológica em quaisquer condições ambientais (SILVA *et al.*, 2019). Por meio da temperatura relacionada à soma térmica expressa em graus-dia, utilizada para estimar a quantidade de calor que é necessária para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tem-se estudado o comportamento fenológico e produtivo de uma cultura (SOARES *et al.*, 2017).

De acordo com os dados meteorológicos (Figura 4) observa-se que os meses de janeiro a março apresentaram altas temperaturas, porém, de forma atípica, o mês de abril apresentou temperatura mais elevada sendo o mês mais

quente do ano, mês de início da coleta de dados de flores hermafroditas, também caracterizado pelo elevado nível de precipitação, favorável ao florescimento.

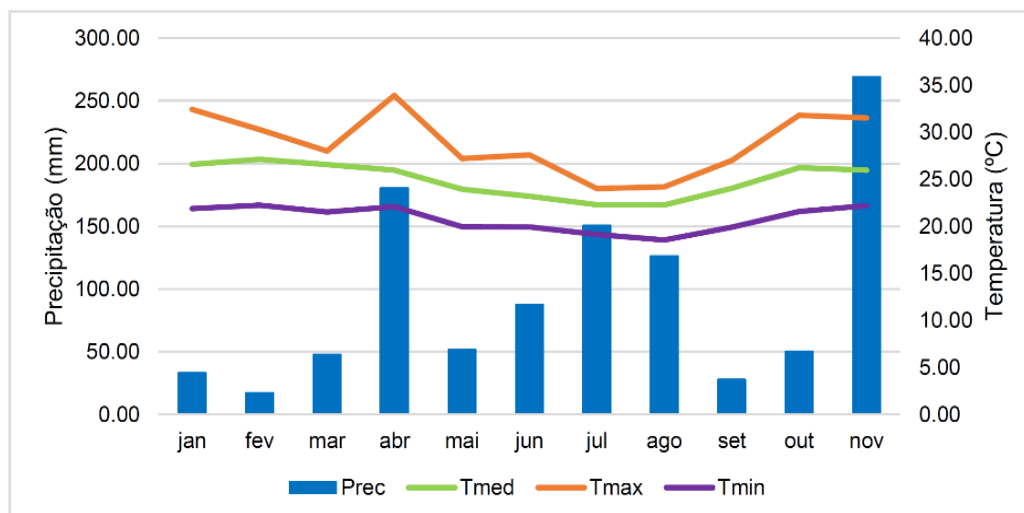


Figura 4. Distribuição de precipitação, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima no período de janeiro a novembro de 2021 em Cruz das Almas- BA.

Na Figura 5 construído para obter informações complementares sobre a distribuição e concentração dos acessos avaliados com base na similaridade entre a produção de botões florais, flores hermafroditas e frutos comerciais, observa-se que o surgimento dos primeiros botões florais ocorreu no mês de fevereiro, cinco meses após o transplante em campo. O maior número de botões florais ocorreu entre os meses de agosto a outubro, meses com temperatura mais baixa e consideráveis níveis de precipitação. O número de flores hermafroditas é fundamental para a frutificação, as maiores taxas de flores hermafroditas foram registradas entre os meses de agosto a outubro, final do inverno e início da primavera período com ocorrência de aumento da temperatura, no mês de agosto obtivemos maior taxa de NFH. As menores taxas de NFH ocorreram no mês de novembro, caracterizado pelo final da primavera e início do verão, havendo aumento da temperatura, bem como, um significativo e atípico aumento na precipitação.

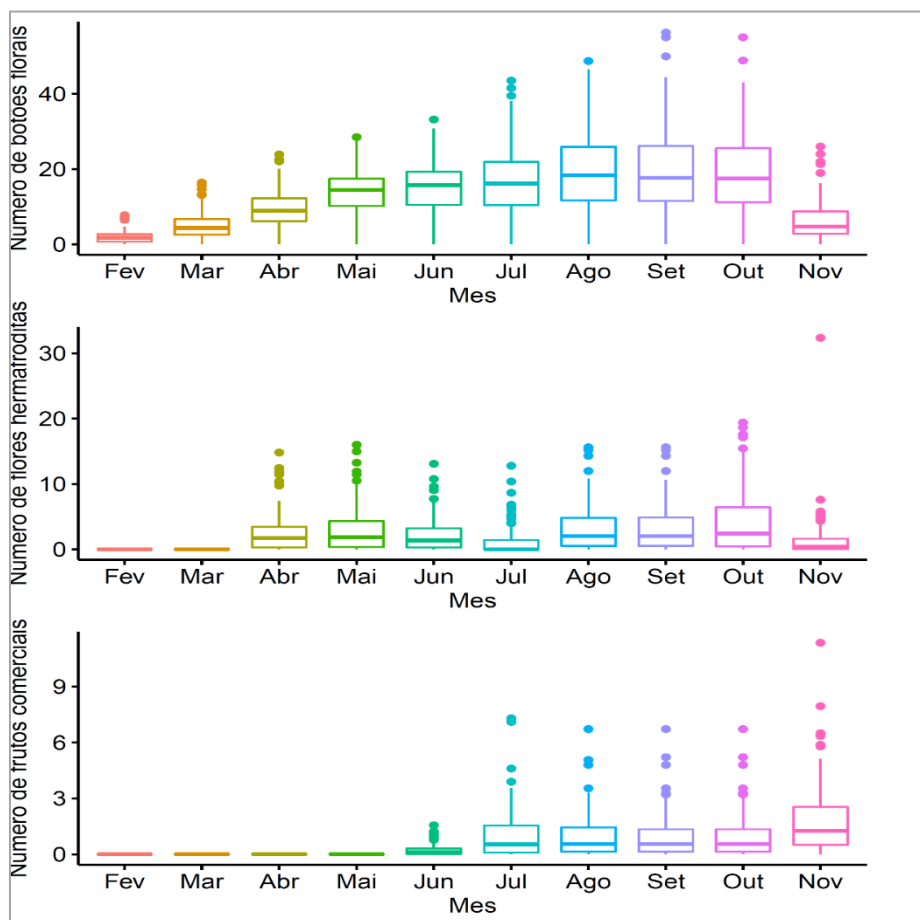


Figura 5. Box plot de características reprodutivas avaliados em acessos de mamoeiro do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura no período de fevereiro a novembro de 2021.

Ferreira *et al.* (2021), em estudo com plantas hermafroditas de acessos de mamoeiro, analisaram o número de flores produzidas e submetendo os dados à análise multivariada de agrupamento observaram que a floração desses acessos foi influenciada pelas condições ambientais, principalmente os padrões de chuvas. Os resultados mostraram dois picos de floração, o primeiro coincidindo com a primavera, resultado semelhante ao que foi observado na presente pesquisa, e o segundo com o inverno com a formação de três grupos distintos quanto à produção de flores. A maior produção de flores em antese ocorreu entre os acessos do grupo Formosa, diferente dos resultados obtidos no presente estudo visto que os acessos do grupo heterótico Solo obtiveram maiores médias de flores hermafroditas em antese, no período de avaliação.

No período de alta temperatura, observou-se alguns botões florais que após secarem se desprendem da planta, bem como alguns frutos que estavam

em desenvolvimento (Figura 6), este fato foi registrado entre os meses de fevereiro a abril. Em experimento com mamoeiro do grupo Solo, Costa *et al.* (2003) relatam que ao longo do ciclo vegetativo do mamoeiro as flutuações climáticas poderão resultar em distúrbios na floração e no desenvolvimento dos frutos, podendo gerar a perda de flores e frutos no estágio inicial de desenvolvimento.

É necessário que novas pesquisas sejam realizadas para concluir-se que o fato apresentado está diretamente relacionado aos fatores ambientais ao qual a planta foi submetida.

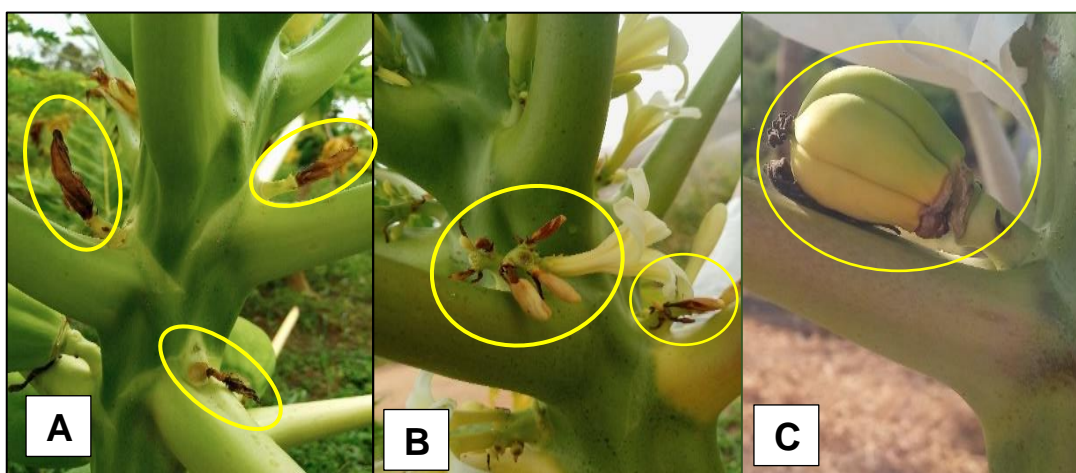


Figura 6. Botões florais (A, B) e fruto (C) que secaram em plantas de *Carica Papaya* L. entre os meses de fevereiro a abril de 2021, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil. Fotos: Naiane Silva, 2021.

Foi realizada análise de agrupamento multivariada considerando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade com base nos dados das características reprodutivas: Número de Botões Florais (NBF), Número de Flores Hermafroditas (NFH) e Número de Frutos Comerciais (NFC).

O mapa de calor e dendrograma nos permite agrupar acessos com padrão de florescimento e frutificação sazonal similares, tornando possível a identificação do nível de floração e produção dos acessos. Estas informações são imprescindíveis para os programas de melhoramento genético visto que a baixa produção de flores torna limitado o número de cruzamentos, refletindo negativamente na produção de frutos e conseqüentemente no número de sementes produzidas, assim, os acessos que se destacam são de grande importância para a manutenção dos bancos de germoplasma. A identificação

de acessos com floração precoce pode ser útil para o desenvolvimento de cultivares com produção de frutos precoces, informação bastante relevante para os setores de produção (FERREIRA *et al.*, 2021).

Segundo Berilli *et al.* (2007), a fase de crescimento é a etapa de desenvolvimento do fruto onde ocorrem as alterações quantitativas que resultam no aumento de peso e volume do mesmo. Sendo esta fase bastante influenciada por fatores ambientais, como temperatura, radiação solar e precipitação, além de fatores genéticos intrínsecos de cada material vegetal. Monitorar o desenvolvimento dos órgãos vegetais, como flores e fruto, pode ser de grande interesse científico, pois o acompanhamento da fase de crescimento destes órgãos pode indicar os pontos críticos de exigências nutricionais e de água, e sua relação com fatores climáticos, como a temperatura. Os dados de floração e frutificação auxiliam também na seleção de variedades que apresentem desenvolvimento precoce.

Através da análise de agrupamento foram formados 3 clusters de acessos com padrão de florescimento similar: C1 (53 acessos), C2 (70 acessos) e C3 (16 acessos) [Figura 8].

O C1 é constituído por 26 acessos do grupo Solo e 27 acessos do grupo Formosa, neste grupo os acessos com maiores médias para cada característica avaliada foram: para NBF CMF079 (29,50), CMF211 (27,79) e CMF072 (25,22); NFH acessos CMF87 (11,05), CMF072 (9,93) e CMF008 (8,66); NFC CMF072 (5,65), CMF087 (4,49) e CMF006 (4,29). O C2 contém o maior número de acessos agrupados, é constituído por 35 acessos do grupo Solo e 35 acessos do grupo Formosa, os acessos com maiores médias NBF foram: CMF022 (26,27), CMF175 (25,88) e CMF254 (22,30); para a característica NFH os acessos com maiores médias foram: CMF188 (4,5), CMF050 (4,44) e CMF067 (4,32); para a característica NFC os acessos com as maiores médias foram: CMF250 (1,55), CMF253 (1,34) e CMFL78 (1,20). O C3 é constituído por 9 acessos do grupo Solo e 7 do grupo Formosa e os acessos com maiores médias para NBF foram: CMF014 (7,33), CMF232 (5,98) e CMF135 (4,85); para a característica NFH CMF164 (0,97), CMF135 (0,76) e CMF144 (0,48); para a característica NFC os acessos com maiores médias Golden (0,16), CMF135 (0,14) e CMF232 (4,11).

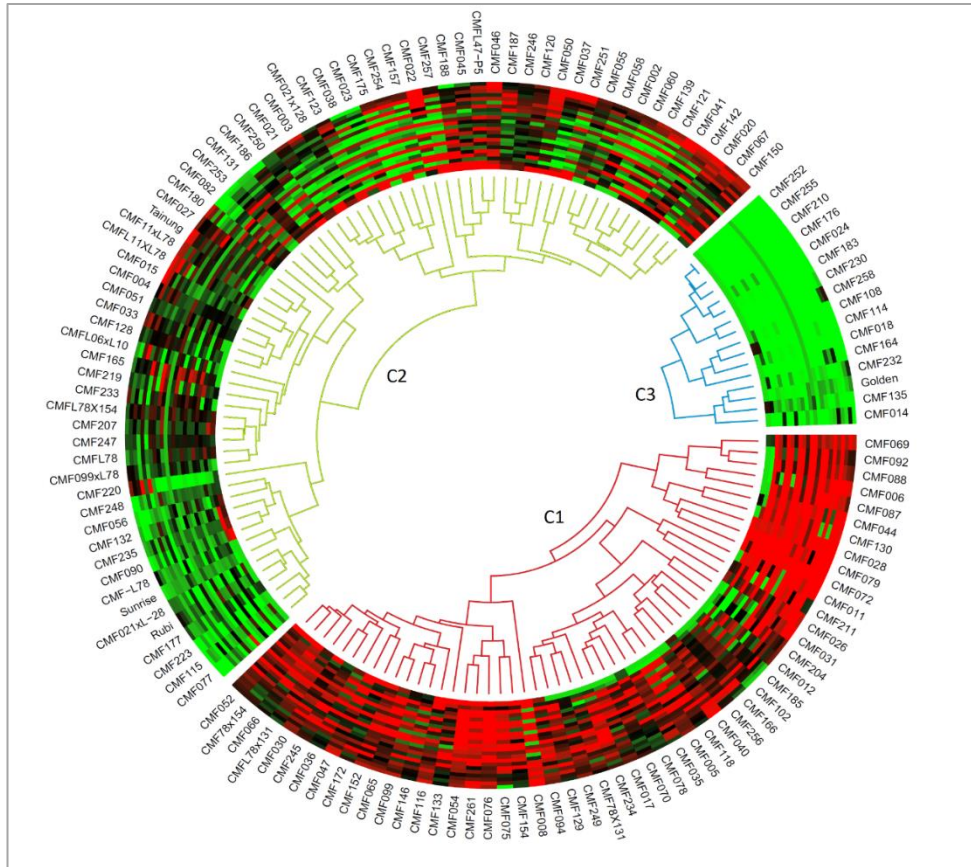


Figura 7. Mapa de calor circular e dendrograma de acessos de mamoeiro do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura baseado na distância euclidiana para características reprodutivas. Clusters (C1, C2 e C3).

O C1 destacou-se por apresentar as maiores médias de valores fenotípicos permanentes para a características avaliadas: NBF (14,46), NFH (4,56) e NFC (1,69) (Figura 9). Seguido do C2 que apresentou médias para as características NBF (12,93), NFH (1,63) e NFC (0,52). O C3 obteve as menores médias para todas as características avaliadas (Figura 8).

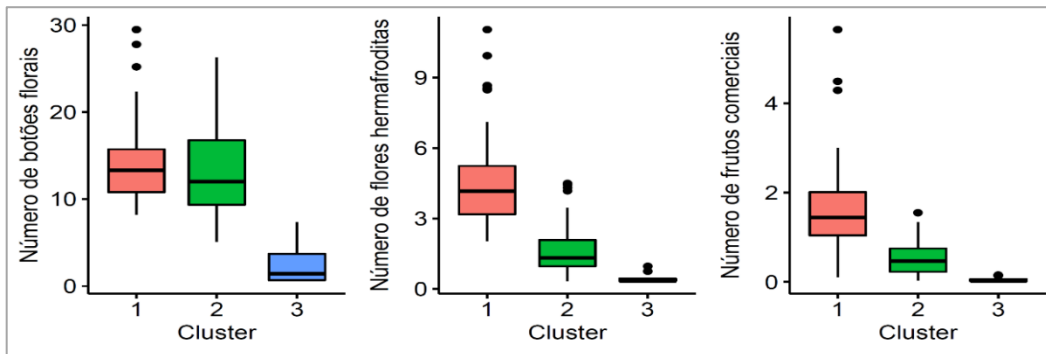


Figura 8. Box plot de valores fenotípicos permanentes de três clusters de acessos do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura baseado em características reprodutivas.

3.2. Parâmetros genéticos associados ao florescimento e frutificação de acessos de mamoeiro

Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos de repetibilidade para três características: Número de Botões Florais (NBF), Número de Flores Hermafroditas (NFH) e Número de Frutos Comerciais (NFC).

A variância de ambiente permanente (V_{perm}) apresentou alta porcentagem de variância fenotípica individual (V_f) para as características NBF e NFC, a variância residual temporária (V_e) também foi alta para ambas as características, já para a característica NFH a variância residual temporária foi média, evidenciando que essa característica é bastante influenciada pelas condições ambientais, fato comprovado pela baixa magnitude de herdabilidade ($h^2=0,32$). A V_e representa a variação residual temporária associada aos efeitos ambientais transitórios que se manifestam em cada medição, a exemplo dos efeitos das flutuações climáticas mensais e suas interações com as plantas, principalmente tratando-se de características quantitativas (VIANA; RESENDE, 2014).

Em estudo realizado em populações segregantes de mamoeiro Ramos *et al.*, (2011) também obterem magnitudes similares para flores hermafroditas ($H^2=38,82$) indicando uma forte influência ambiental na expressão da característica, além da ocorrência de fatores ambientais adversos, tendo em vista os efeitos negativos. A herdabilidade refere-se à variação genética da média da população, sendo imprescindível no desenvolvimento de programas de seleção para obtenção do ganho genético na população, diante da sensibilidade das flores hermafroditas, a baixa herdabilidade indica que a variação fenotípica observada é provocada por influência de fatores ambientais (FALCONER; MACKAY, 1996).

Em relação às características NBF ($h^2=0,60$) e NFC ($h^2=0,64$), as magnitudes de herdabilidade foram elevadas mostrando expressiva variabilidade genética entre os acessos. Em estudos de diversidade genética entre acessos de banco de germoplasma de mamoeiro foram obtidas elevadas magnitudes de herdabilidade ($h^2=0,72$) para frutos comerciais (Silva *et al.*,

2017). Por sua vez, em linhagens recombinantes e progênies segregantes de mamoeiro também foram obtidas elevadas magnitudes ($h^2= 0,79$) e ($h^2= 0,78$), respectivamente (CORTES *et al.*, 2018; CORTES *et al.*, 2019).

Verifica-se que a repetibilidade (ρ), a correlação entre medidas foi alta para as características NBF e NFC, indicando baixa variação entre as avaliações. Por sua vez, a característica NFH, apresentou coeficiente de repetibilidade intermediário. Para frutos comerciais também foi obtida alta repetibilidade ($\rho=0,69$) em estudo realizado em híbridos de mamoeiro (Luz *et al.*, 2015). Por outro lado, em estudo realizado em população base de seleção recorrente de mamoeiro para frutos comerciais foi obtida baixa repetibilidade ($\rho=0,42$) (SANTA CATARINA *et al.*, 2020). As discrepâncias nas magnitudes de repetibilidade observadas nos diferentes estudos podem ser devidas as particularidades de cada população de trabalho e número de avaliações realizadas. De acordo com Cruz *et al.* (2014), a repetibilidade varia com a natureza da característica, as proporções genéticas da população e as condições ambientais em que os indivíduos são mantidos.

Tabela 1. Componentes de variância e parâmetros genéticos de repetibilidade de características reprodutivas de acessos do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas-BA, 2022)

Parâmetros	NBF	NFH	NFC
σ_g^2	37,28	0,31	14,74
σ_{perm}^2	21,66	0,14	7,58
σ_e^2	3,38	0,51	0,69
σ_f^2	62,31	0,97	23,01
h_g^2	0,60 ± 0,04	0,32 ± 0,03	0,64 ± 0,05
ρ	0,95 ± 0,05	0,47 ± 0,04	0,97 ± 0,07
c_{perm}^2	0,35	0,15	0,33
h_{mg}^2	0,94	0,88	0,92
\hat{y}	12,22	2,61	0,90

σ_g^2 = variância genotípica; σ_{perm}^2 = variância de ambiente permanente; σ_e^2 = variância residual temporária; σ_f^2 = variância fenotípica individual; h_g^2 = herdabilidade; ρ = repetibilidade; c_{perm}^2 = coeficiente efeitos de ambiente permanente; h_{mg}^2 = herdabilidade de médias de acessos; \hat{y} = média geral do experimento.

A Figura 9 apresenta as correlações entre as características reprodutivas do mamoeiro. Os valores apresentados demonstraram alta correlação entre as características Número de Frutos Comerciais (NFC) e Número de Flores Hermafroditas (NFH), correlação intermediária entre as características Número de Flores Hermafroditas (NFH) e Número de Botões Florais (NBF) e baixa correlação entre as características Número de Frutos Comerciais (NFC) e Número de Botões Florais (NBF). Assim, quanto maior o número de botões florais maior a probabilidade de haver flores hermafroditas e, conseqüentemente, maior a probabilidade de produção de frutos comerciais.

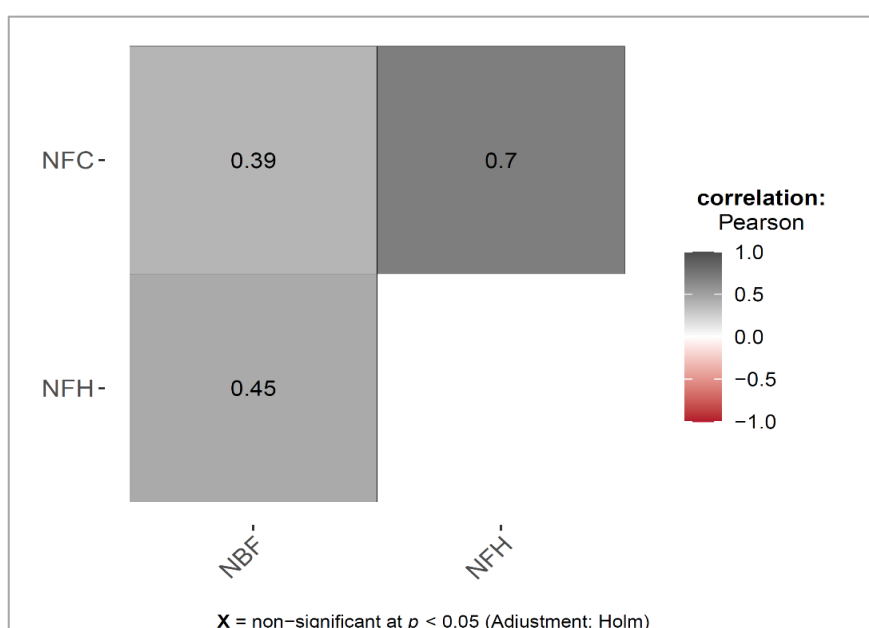


Figura 9. Correlações de Pearson entre características reprodutivas de mamoeiro. Número de Frutos Comerciais (NFC); Número de Flores Hermafroditas (NFH); Número de Botões Florais (NBF).

3.3. Relação de florescimento e frutificação com variáveis climáticas

A figura 10 apresenta modelos de regressão para as características reprodutivas em três clusters de acessos gerados pela análise de agrupamento. Foram ajustados modelos polinomiais ($y=a+bx+cx^2$) para botões florais em função dos meses de avaliação com coeficientes de determinação de $R^2=0,83$ (C1), $R^2=0,84$ (Cluster 2) e $R^2=0,65$ (C3), respectivamente. Foi observada uma tendência de incremento na produção de botões florais entre

os meses de fevereiro e setembro e redução entre outubro e novembro, sobretudo nos acessos dos clusters 1 e 2.

Para flores hermafroditas foram ajustados modelos com coeficientes de determinação de $R^2=0,29$ (C1), $R^2=0,15$ (C2) e $R^2=0,29$ (C3), respectivamente. Apesar de não apresentar bom ajuste de modelo, nos acessos dos Clusters 1 e 2 foi observada uma tendência de maior produção de flores entre os meses de agosto e outubro. Os acessos agrupados no cluster 3 apresentaram baixa produção de flores hermafroditas no período de avaliação. As flores hermafroditas são altamente sensíveis aos fatores ambientais podendo apresentar anomalias florais como pentandria, carpeloidia e esterilidade de verão fato que pode dificultar o ajuste de modelos de regressão.

Em relação ao número de frutos comerciais foram ajustados modelos com coeficientes de determinação de $R^2=0,66$ (C1), $R^2=0,75$ (C2) e $R^2=0,86$ (C3), respectivamente. Nos acessos dos Clusters 1 e 2 nota-se um incremento da produção de frutos ao longo do tempo com pico de produção no mês de novembro período que houve elevada precipitação pluviométrica. Os acessos agrupados no cluster 3 apresentaram baixa produção de frutos em relação aos demais acessos.

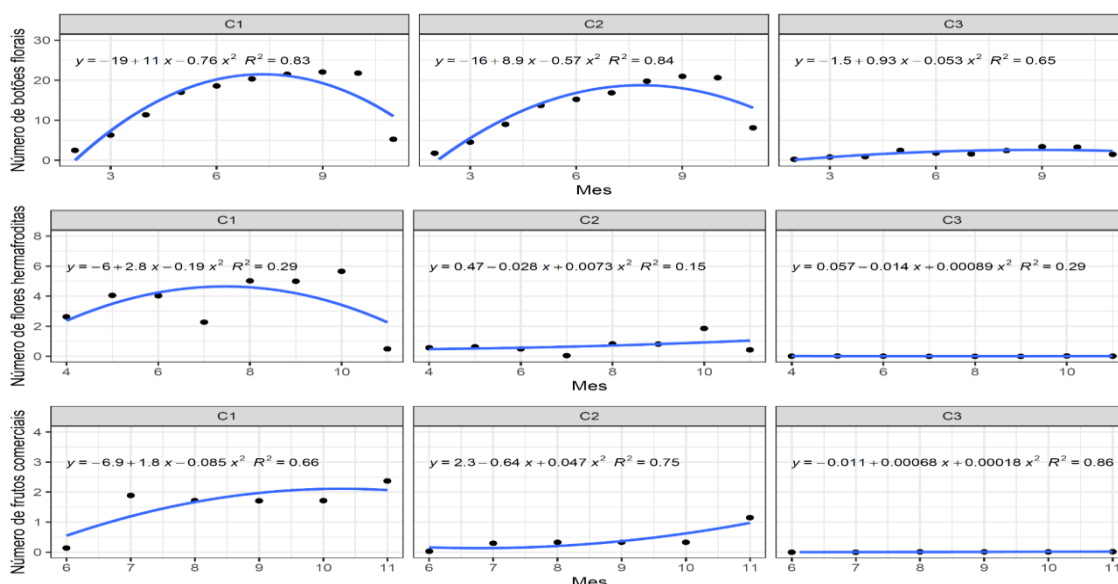


Figura 10. Relação de características reprodutivas em três clusters (C1, C2, C3) de acessos com padrão de florescimento e frutificação semelhantes em função dos meses após o plantio. Os valores representam modelos de regressão polinomial com respectivos coeficientes de determinação.

3.4. Seleção de acessos de mamoeiro com base em florescimento e frutificação

Na tabela 2 temos os valores fenotípicos de acessos de mamoeiro selecionados com base no Índice Aditivo padronizado (IAP). O índice de seleção obtido por meio de padronização de variáveis possibilita selecionar acessos segregantes superiores, considerando simultaneamente as características avaliadas. A maioria dos acessos selecionados foram agrupados no C1 apresentando os valores mais altos de IAP. O acesso mais promissor para programas de melhoramento obter linhagens mais produtivas foi o acesso CMF087 com as médias mais elevadas para as características avaliadas, 205.75 de IAP, seguido do CMF072 com 181.95, em terceiro lugar o CMF008 do grupo C1 com 144.9. Para a característica Número de Botões florais (NBF) o acesso mais promissor utilizando o IAP foi o CMF079 (29,50) C1, para a característica Número de Flores Hermafroditas (NFH) o acesso CMF087 do C3 foi o mais promissor com média de 11.05 com base no IAP. Já para a característica Número de Frutos Comerciais (NFC) pelo IAP destacou-se o acesso CMF072 do C1.

Tabela 2. Valores fenotípicos permanentes de acessos de mamoeiro do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura selecionados com base no índice aditivo padronizado. (Cruz das Almas-BA, 2022).

Acesso	NBF	NFH	NFC	IAP	Cluster
CMF087	15,46	11,05	4,49	205,75	1
CMF072	25,22	9,93	5,65	181,95	1
CMF008	20,94	8,66	0,11	144,87	1
CMF028	21,81	8,55	1,21	143,60	1
CMF088	13,15	8,49	1,81	141,35	1
CMF130	19,83	7,10	2,89	110,50	1
CMF006	12,30	6,71	4,29	101,45	1
CMF011	22,33	6,26	1,38	89,23	1
CMF054	20,39	6,13	1,75	86,21	1
CMF092	11,02	6,08	2,08	83,79	1
CMF030	12,91	5,36	0,77	65,50	1
CMF069	14,22	5,29	2,01	65,41	1
CMF036	10,29	5,33	0,92	64,50	1

CMF047	15,78	5,24	0,67	63,01	1
CMF152	13,31	5,16	1,33	61,41	1
CMF075	15,64	4,87	2,38	56,03	1
CMF076	17,59	4,72	2,32	52,71	1
CMF052	14,59	4,78	0,74	51,91	1
CMF079	29,50	4,42	3,00	48,32	1
CMF017	11,69	4,52	1,29	45,82	1
CMF188	16,94	4,50	0,76	45,65	2
CMF146	8,19	4,44	1,22	43,24	1
CMF050	14,92	4,44	0,17	43,24	2
CMF067	15,69	4,32	0,77	41,16	2
CMF133	15,28	4,32	0,72	41,03	1
CMF245	15,72	4,30	0,73	40,64	1
CMF065	13,50	4,27	1,53	40,42	1
CMF154	10,78	4,26	1,91	40,14	1
CMF044	20,85	4,15	2,16	39,49	1
CMF022	26,27	4,19	0,13	39,15	2
CMF234	15,42	4,17	1,62	38,46	1
CMF261	16,94	4,09	1,98	37,20	1
CMF172	10,55	4,18	0,47	36,62	1
CMF118	9,22	4,09	2,45	36,41	1
CMF099	9,00	4,13	1,42	36,20	1
CMF005	10,18	4,05	2,39	35,55	1
CMF78x154	12,92	3,82	1,51	29,57	1
CMF204	8,65	3,65	1,09	24,33	1
CMF249	10,44	3,63	0,98	24,03	1
CMF066	16,25	3,54	1,32	23,24	1
CMF166	11,78	3,55	0,63	21,97	1
CMF120	12,56	3,45	0,67	19,76	2

Na seleção de linhagens e populações segregantes superiores, é fundamental considerar vários caracteres de forma conjunta, mas, dificilmente encontram-se genótipos com alelos favoráveis para todos os caracteres de forma simultânea, tal seleção é uma alternativa que pode aumentar a probabilidade de sucesso em programas de melhoramento. Dessa forma, a seleção para mais de um caráter ao mesmo tempo tem sido realizada com o emprego de índices de seleção, que constituem um caráter adicional,

estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres para identificar genótipos que reúnam atributos favoráveis capazes de satisfazer as exigências do consumidor (MENDES; RAMALHO; ABREU., 2009).

Proposto inicialmente por Smith (1936) e Hazel (1943), o índice de seleção tem sido utilizado em programas de melhoramento como um critério para selecionar características quantitativas simultaneamente, atribuindo um valor geral para os genótipos o índice de seleção é de grande importância para obtermos ganhos com a seleção. Utilizados na seleção simultânea de caracteres do mamoeiro, índices de seleção tradicionais foram eficientes para selecionar indivíduos menos vulneráveis à incidência de doenças e com menor teor de sólidos solúveis, os maiores diferenciais de seleção foram obtidos a partir das médias padronizadas (MELO, *et al.*, 2015).

Cortes *et al.* (2018) concluíram que o índice de seleção combinada IG2 foi consistente na seleção de seis progênies superiores, permitindo ganhos promissores para características produção de frutos e espessura de polpa, que são de importância para o melhoramento. Silva *et al.* (2017) estimaram a predição de ganhos genéticos em goiabeira através de índices de seleção e metodologia REML/BLUP. Ramos *et al.* (2014), avaliando genótipos de mamoeiro, verificaram que o índice com base no valor genético padronizado apresentou maior consistência no ranking do material genético, demonstrando a vantagem da padronização dos dados. Moreira *et al.* (2019b) verificaram que o índice de seleção de Smith e Hazel, utilizando as médias fenotípicas padronizadas, foi mais eficiente na identificação de indivíduos de mamoeiro com melhores valores para as características teor de sólidos solúveis, peso de fruto, comprimento e largura do fruto, altura da planta e inserção do primeiro fruto e espessura da polpa.

3.5. Florescimento e frutificação da espécie *Vasconcellea quercifolia*

Na Figura 11 para a espécie silvestre, observa-se que as plantas masculinas apresentaram maiores médias de NBF e NF, o mês de maio (mês de baixa temperatura) destaca-se com os maiores registros. As plantas femininas obtiveram números muito inferiores às masculinas, tanto de NBF

quanto de NF, no entanto apresentaram frutos nos meses de julho e agosto meses de baixas temperaturas e elevados níveis de precipitação. Também houve produção de frutos em novembro, mês com altos níveis de precipitação pluviométrica.

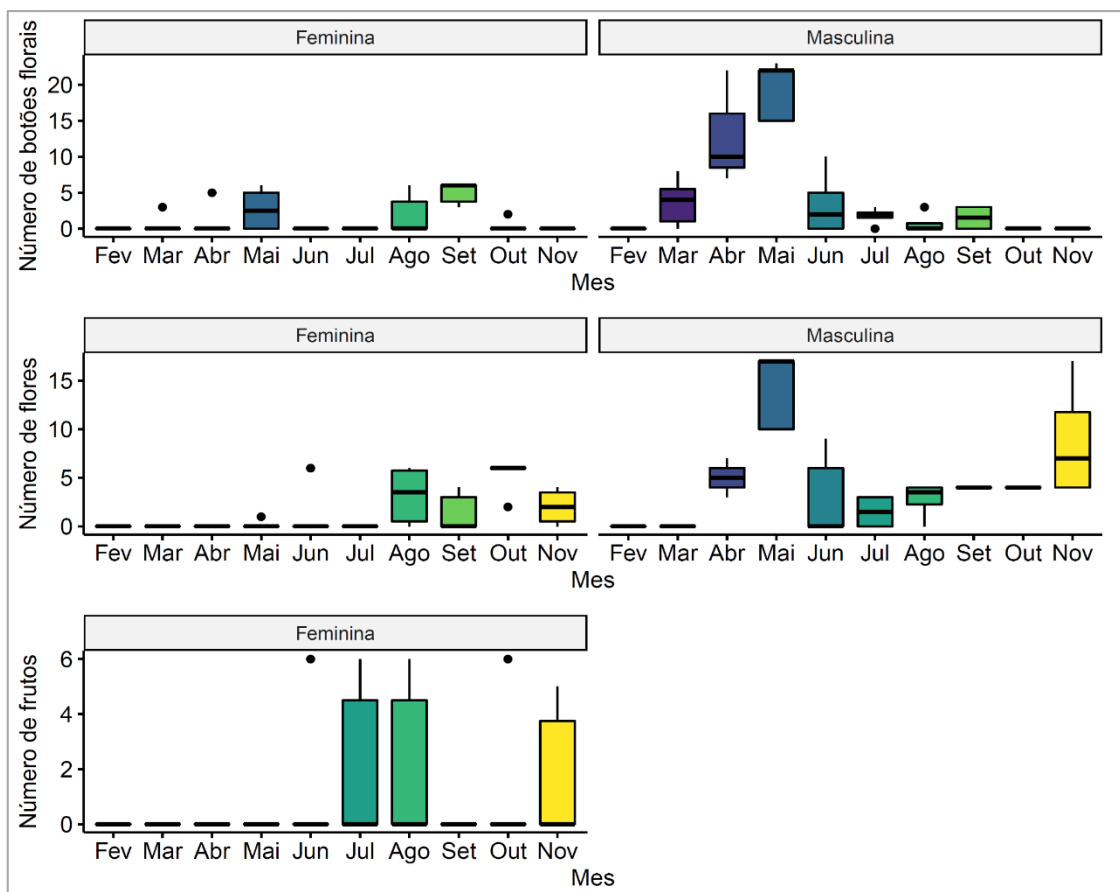


Figura 11. Box plot de valores fenotípicos permanentes da espécie silvestre *Vasconcellea quercifolia* do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura baseado em características reprodutivas.

Embora não sejam aceitas comercialmente, as espécies silvestres constituem uma importante fonte de genes para o melhoramento vegetal, tendo em vista a ampliação da base genética da espécie cultivada, pois, um dos principais entraves no cultivo comercial do mamoeiro (*Carica papaya* L.) é a incidência de doenças a exemplo do mosaico do mamoeiro causado pelo *Papaya Ringspot Virus* (PRSV), a espécie silvestre *Vasconcellea* possui resistência ao PRSV. Segundo Estrella-Maldonado *et al.* (2021), por sua capacidade de se adaptar a diferentes ambientes, espécies silvestres de

mamoeiro apresentam tolerância a condições ambientais variadas. A alta variabilidade genética contida nas populações selvagens é resultado de milhares de anos de evolução natural, assim, a identificação e inclusão de indivíduos silvestres com características úteis em programas de melhoramento poderá promover o aumento da diversidade genética e a adaptabilidade da cultura para lidar com as mudanças ambientais.

CONCLUSÕES

As magnitudes de herdabilidade foram altas para número de botões florais ($h^2 \geq 0,60$) e número de frutos comerciais ($h^2 \geq 0,64$) evidenciando elevada variabilidade genética entre os acessos do banco de germoplasma. Para essas características também foram obtidas elevadas magnitudes de repetibilidade ($\rho=0,95$ e $\rho=0,97$, respectivamente). Para número de flores hermafroditas a herdabilidade foi baixa ($h^2=0,32$) assim como a repetibilidade ($\rho =0,47$) mostrando que essa característica é altamente influenciada pelos fatores ambientais.

Na espécie *V. quercifolia* as plantas masculinas apresentaram maior produção de botões florais e número de flores. As plantas femininas apresentaram frutos nos meses de julho e agosto meses de baixas temperaturas e elevados níveis de precipitação. Também houve produção de frutos em novembro, mês com altos níveis de precipitação pluviométrica.

Foram selecionados 42 acessos de *C.papaya* com elevadas médias de botões florais, flores hermafroditas e frutos comerciais com potencial uso para desenvolvimento de linhagens e híbridos.

REFERÊNCIAS

- BERILLI, S. S.; OLIVEIRA, J. G.; MARINHO, A. B.; LYRA, G. B.; SOUSA, D. F.; VIANA, A. P.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M. G.. Evaluation of the growth tax of papaya fruits (*Carica papaya* L.) in function of different times of the year and accumulated degree-days. *Botânica e Fisiologia, Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.29, n.1,. 11-14, Abr 2007.
- CAMPOSTRINI, E.; SCHAFFER, B.; RAMALHO, J. D. C.; GONZÁLEZ, J. C.; RODRIGUES, W. P.; SILVA, J. R.; LIMA, R. S. N.. Environmental Factors Controlling Carbon Assimilation, Growth, and Yield of Papaya (*Carica papaya* L.) Under Water-Scarcity Scenarios. In **Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment**, p. 481-505. Imprensa Acadêmica. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00019-3>>
- COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. (eds.). *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória: **Incap**, p. 59-102, 2003.
- COSTA, A. F. S. Aspectos gerais do melhoramento do mamoeiro, 2015. **Incap** (2003, cap. 10) Disponível em: <<http://biblioteca.incap.es.gov.br/digital/handle/item/862>>
- CORTES, D. F. M. Desenvolvimento de linhagens de mamoeiro assistido por imagens digitais. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, **Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, Campos dos Goytacazes - RJ. 159p., 2017.
- DAMASCENO JUNIOR, P. C.; PEREIRA, T. N. S.; SILVA, F. F. D.; REIS, M. V. M.; PEREIRA, M. G. Diversidade genética em duas espécies de Caricáceas e suas relações genéticas com *Carica papaya* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 733-739, out-dez, 2015.
- ESTRELLA-MALDONADO, H.; RAMÍREZ, A. G.; ORTIZ, G. F.; PERAZA-ECHEVERRÍA, S.; MARTINEZ-DE LA VEGA, O.; GÓNGORA-CASTILLO, E.; SANTAMARÍA, J. M. Transcriptomic analysis reveals key transcription factors associated to drought tolerance in a wild papaya (*Carica papaya*) genotype. **Plos one** , v. 16, n. 1, e0245855, janeiro, 2021.
- FERREIRA, J. A. B.; SOUZA, F. V. D.; MOURA, H. C. P.; DE SOUZA, E. H.; CORTES, D. F. M.; CONCEIÇÃO, J. Q.; LEDO, C. A. Flowering map of papaya germplasm: Support for genetic breeding and conservation programs. **Scientia Horticulturae**, v. 293, 110699., 2021.
- GASPARI-PEZZOPANEI, C.; FAVARIN, J. L.; MALUF, M. P.; PEZZOPANE, J. R. M.; GUERREIRO FILHO, O. Atributos fenológicos e agronômicos em cultivares de cafeeiro arábica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.711-717, mai-jun, 2009.

GU, Z.; GU, L.; EILS, R.; SCHLESNER, M.; BRORS, B. *Circlize* implements and enhances circular visualization in R, **Bioinformatics**, v. 30, n. 19, p. 2811–2812, out-2014.

HAZEL, L. N. A BASE GENÉTICA PARA CONSTRUIR ÍNDICES DE SELEÇÃO, **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476–490, nov-1943.

INMET: **Instituto Nacional de Meteorologia**, Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br>> Acesso em: junho de 2022.

KUHLKAMP, K.; MOREIRA, S.; BARRO, F. D. S.; ZANUNCIO, C.; MELO, J.; ZUCOLOTTI, M. Seleção simultânea de caracteres do mamoeiro utilizando índices tradicionais e valores genéticos preditos via REML/BLUP., **Incaper**, memória técnica, 2017. Disponível em: <<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/2641>> Acesso em: julho de 2022

MEKAKO, H. U.; NAKASONE, H. Y. Floral development and Compatibility studies of *Carica* Species. **Journal American society for horticultural Science**, v.100, n. 2, p. 145 – 148, 1975.

MENDES, F. F., RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. F. B. Selection index for choosing segregating populations in common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1312-1318, out. 2009.

MING, R.; HOU, S.; FENG, Y.; YU, Q.; DIONNE-LAPORTE, A.; SAW, J. H.; SENIN, P.; *et al.* The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Caricapapaya* Linnaeus). **Nature**, v. 452, p. 991–996, abril-2008.

MOREIRA, N. F.; PEREIRA, T. N. S.; CATARINA, R. S.; CORTES, D. F. M.; VETTORAZZI, J. C. F.; RAMOS, H. C. C.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G. Quantification of floral abnormalities in a population generated from sexual polymorphism aiming at recurrent selection in papaya. **Bragantia**, Campinas, v. 78, n. 2, p. 158-165, 2019.

OLIVEIRA, E. J. D.; DANTAS, J. L. L.; CASTELLEN, M. D. S.; LIMA, D. S. D.; BARBOSA, H. D. S.; MOTTA, T. B. N. Marcadores moleculares na predição do sexo em plantas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1747-1754, dez-2007.

RAMOS, H.; PEREIRA, M.; PEREIRA, T.; BARROS, G.; FERREGUETTI, G. Characterization of genetic-molecular variability of papaya population based on microsatellite markers. **Genetic and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10367-10381, 2014.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RODRIGUES, S. P.; CUNHA, M.; VENTURA, J. A.; FERNANDES, P. M. B. Effects of the Papaya meleira virus on papaya latex structure and composition. **Plant cell reports**, v. 28, n. 5, p. 861-871, fev-2009.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

SILVA, R.P. DA; DANTAS, G.G.; NAVES, R.V.; CUNHA, M.G. Comportamento fenológico de videira, cultivar Patrícia, em diferentes épocas de poda de frutificação em Goiás. **Bragantia**, v.65, p.399-406, 2006.

SILVA, F. H. L.; VIANA, A. P.; SANTOS E. A.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L.; AMARAL JUNIOR, A. T. Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. **Acta Scientiarum. Agronomia**. v. 39, n. 2, p.183-190, junho-2017.

SILVA, M. S.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; FERREIRA, R. B.; MODESTO, J. H.; BOLFARINI, A. C. B. Thermal requirement and phenological characterization of papaya varieties cultivated under subtropical climate. **IRRIGA**, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 367-377, abr-jun 2019.

SOARES, D. J.; OLIVEIRA, W. S. D.; UZUELE, E. L.; CARVALHO, S. J. P. D.; OVEJERO, R. F. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Growth and development of *Conyza bonariensis* based on days or thermal units. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 52, n. 1, p. 45-53, jan-2017.

SMITH, H. F. Uma função discriminante para a seleção de plantas. **Annals of eugenics** , v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.

VIANA, A.P., RESENDE, M.D.V. Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras. 1. ed. 296 p. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2014.

WEATHER SPARK: Relatórios meteorológicos detalhados. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com>>Acesso em: junho de 2022.

CAPÍTULO 2

**Estudos de ocorrências de anomalias florais em acessos do banco
ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura**

ESTUDOS DE OCORRÊNCIAS DE ANOMALIAS FLORAIS EM ACESSOS DO BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA

RESUMO: Em mamoeiros hermafroditas, estudos sobre a fisiologia da floração registram influência marcante de fatores ambientais, tais como temperatura e umidade do ar e do solo, sobre a frequência de flores anormais, incluindo as carpelóides, pentândricas e estaminadas. Os distúrbios florais como a esterilidade de verão, pentandria e carpeloidia refletem negativamente na produção de frutos comerciais, dessa forma, a identificação de plantas mais estáveis quanto às anomalias florais é fundamental para o cultivo do mamoeiro. Assim, o presente trabalho tem por objetivo a avaliar a incidência de anomalias florais em acessos de mamoeiro (*Carica papaya* L.), identificando acessos mais estáveis para produção de flores normais e frutos comerciais. Foram realizadas avaliações do número de frutos carpelóides (NFC), número de frutos pentandricos (NFP) e número de flores com reversão sexual (NFR). A partir dessas características foi estimado o potencial produtivo dos acessos com base nas relações NFD/NFT + NFR (número de frutos deformados/ número de frutos totais + NFR) e NFR/NFT + NFR (número de flores com reversão/ número de frutos totais + número de flores com reversão). A incidência de anomalias florais foi estimada a partir das relações NFR/SOM (número de flores com reversão/soma das anomalias), e NFD/SOM (número de frutos deformados/ soma das anomalias). Foram estimados componentes de variância e parâmetros genéticos associados a repetibilidade utilizando a metodologia REML/BLUP. Em seguida foi realizada a análise multivariada para agrupamento dos acessos por meio de dendrograma e mapa de calor. Foi construído um índice para estimar total de anomalias e identificar acessos com bom potencial produtivo e baixa ocorrência de anomalias. A variável que obteve a maior média foi NFD/NFT + NFR (6,01), sendo o número de frutos deformados a anomalia de maior ocorrência no período de avaliação. A esterilidade de verão teve maior incidência nos meses com temperaturas mais elevadas, estimada pela contagem do número de flores com reversão sexual. Verifica-se que a repetibilidade (ρ) foi alta ($0,79 \leq \rho \leq 0,81$) para todas as características indicando baixa variação entre as avaliações, dado o alto número de avaliações realizadas. As magnitudes de herdabilidade ($h^2 \geq 0,66$) foram elevadas para todas as características mostrando alta variabilidade genética entre os acessos para anomalias florais. Por meio da análise de agrupamento e mapa de calor foram gerados três clusters de acessos com padrão similar de potencial produtivo e ocorrência de anomalias florais. Com base no índice de anomalias foram selecionados 42 acessos 30 (71%) pertencentes ao grupo Solo e 12 (29%) ao grupo Formosa. Esses acessos podem ser classificados com bom potencial produtivo e baixa incidência de anomalias florais com potencial uso nos programas de melhoramento para desenvolvimento de linhagens ou híbridos. A seleção de genótipos com ocorrência mínima de frutos deformados e esterilidade de verão deve ser um dos objetivos dos programas de melhoramento de mamoeiro.

Palavras chave: *Carica papaya* L., esterilidade de verão, pentandria, carpeloidia

STUDIES OF OCCURRENCES OF FLORAL ANOMALIES IN ACCESS TO THE ACTIVE GERMOPLASM BANK OF EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA

Abstract: In hermaphroditic papaya trees, studies on the physiology of flowering have recorded a marked influence of environmental factors, such as air and soil temperature and humidity, on the frequency of abnormal flowers, including carpeloid, pentandric and staminate flowers. Floral disturbances (summer sterility, pentandry and carpeloidy) reflect negatively on the production of commercial fruits, thus, the identification of more stable plants regarding floral anomalies is essential for papaya cultivation. Thus, the present work aims to evaluate the incidence of floral anomalies in papaya (*Carica papaya* L.) accessions, identifying more stable accessions for the production of normal flowers and commercial fruits. Evaluations of the number of carpeloid fruits (NFC), number of pentandric fruits (NFP) and number of flowers with sex reversal (NFR) were performed. From these characteristics, the productive potential of the accessions was estimated based on the $NFD/NFT + NFR$ (number of deformed fruits/ total number of fruits + NFR) and $NFR/NFT + NFR$ (number of flowers with reversion/ total number of fruits) + number of flowers with reversion). The incidence of floral anomalies was estimated from the relationships NFR/SOM (number of flowers with reversion/sum of anomalies) and NFD/SOM (number of deformed fruits/ sum of anomalies). Genetic parameters associated with repeatability were estimated using the REML/BLUP methodology. Then, the multivariate analysis was performed to group the accessions through dendrogram and heat map. An index was built to estimate total anomalies and identify accessions with good productive potential and low occurrence of anomalies. The variable that obtained the highest average was $NFD/NFT + NFR$ (6.01), with the number of deformed fruits being the most frequent anomaly in the evaluation period. Summer sterility had a higher incidence in the months with higher temperatures, estimated by counting the number of flowers with sexual reversal. It is verified that the repeatability (ρ) was high ($0.79 \leq \rho \leq 0.81$) for all characteristics, indicating low variation between evaluations, given the high number of evaluations performed. The heritability magnitudes ($h^2 \geq 0.66$) were high for all traits showing high genetic variability among accessions for floral anomalies. Through cluster analysis and heat map, three clusters of accessions with similar pattern of productive potential and occurrence of floral anomalies were generated. Based on the anomaly index, 42 accessions were selected, 32 (71%) belonging to the Solo group and 12 (29%) to the Formosa group. These accessions can be classified with good productive potential and low incidence of floral anomalies with potential use in breeding programs for the development of lines or hybrids. The selection of genotypes with minimal occurrence of deformed fruits and summer sterility should be one of the objectives of papaya breeding programs.

Keywords: *Carica papaya* L., summer sterility, pentandry, carpeloidy

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), é uma das fruteiras mais cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo e consumida em todos os continentes devido suas elevadas propriedades nutricionais que vem contribuindo expressivamente para o aporte de nutrientes e de compostos bioativos na dieta. (CAMPOSTRINI *et al.*, 2018; REIS *et al.*, 2015; RUAS *et al.*, 2022).

A busca pelo aumento da produção do mamão encontra-se em constante estudo pelos pesquisadores nos principais polos de produção no Brasil e do mundo, através do desenvolvimento de tecnologias e estudos de adaptação da de genótipos a diferentes regiões. Essas buscas são motivadas pela facilidade de cultivo desta cultura, pelo bom preço alcançado na comercialização, pelo vasto mercado consumidor e pela diversidade de usos e aplicações industriais (EMBRAPA, 2019).

Entretanto, o mamoeiro é altamente influenciado pelo ambiente pois temperaturas altas ou baixas, alterações no regime pluviométrico, baixos níveis de nitrogênio no solo e mudanças de umidade do ar e do solo podem ocasionar a incidência de anomalias florais e perdas de produtividade (DAMASCENO *et al.*, 2008; MARTELLETO *et al.*, 2011).

As anomalias florais em mamoeiro ocorrem nas plantas hermafroditas, que produzem os frutos preferíveis pelo mercado consumidor devido a maior quantidade de polpa e menor cavidade ovariana. Existem três tipos de anomalias: a pentandria caracterizada por pétalas soldadas e inseridas na base do ovário, os estames ocorrem em número de 5 em vez de 10. A carpeloidia que é uma deformação floral provocada pela transformação dos estames em carpelos durante o primeiro período de desenvolvimento da flor, de modo que carpelos normais, juntamente com o ovário, são suprimidos em vários graus de desenvolvimento, dando origem a frutos deformados (COUTO; NACIF, 1999). A reversão sexual ou flor hermafrodita estéril tem como característica o pistilo atrofiado, tornando-se não funcional, neste caso, considerada essencialmente masculina. Por esse motivo, ela não produz frutos, tornando-se, assim, indesejável (MOURA, 2012).

A seleção de genótipos com baixa taxa de esterilidade de verão, carpeloidia e pentandria é essencial em um programa de melhoramento genético para a cultura do mamoeiro. A avaliação de genótipos para as características de anomalias florais é imprescindível para o conhecimento, manejo e seleção de genótipos com baixa incidência de anomalias florais.

O mamoeiro é uma fruteira com ciclo reprodutivo longo, sendo que as características agronômicas se expressam mais de uma vez em um mesmo indivíduo, o que faz necessário realizar avaliações repetidas sobre diferentes condições ambientais (CORTES *et al.*, 2017). O Procedimento REML/BLUP refere-se a estimação dos componentes de variância pelo método da máxima verossimilhança restrita e estimação dos valores genéticos pelo melhor preditor linear não viciado. Este procedimento tem sido utilizado nos programas de melhoramento visando contribuir para eficácia na avaliação genética dos candidatos a seleção.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo a avaliar a incidência de anomalias florais em acessos de mamoeiro (*Carica papaya* L.), identificando acessos mais estáveis para produção de flores sem reversão sexual e frutos sem deformação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de condução do experimento e condições experimentais

O estudo foi realizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura (EMBRAPA), localizada na cidade de Cruz das Almas, Bahia, Brasil (Latitude: 12°40'12" S, Longitude; 39°06'07" O, Altitude 220m). A região possui clima tropical quente e úmido, a precipitação média anual chega a 1170 mm, podendo variar entre 900 e 1300 mm, março a agosto são os meses onde há registros de maior precipitação (INMET, 2022).

O experimento foi conduzido na área da fazenda experimental do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do mamoeiro, situada em zona de transição entre floresta úmida subperenal e semidecidual, onde o solo é Latossolo

Amarelo distrófico com textura franco-argilosa moderada (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Inicialmente as sementes foram plantadas em sacos de polietileno e posteriormente transplantadas para o campo. Foram plantadas três mudas por covas em linhas com espaçamento de 3 m entre fileiras e 1,5 m entre plantas, posteriormente foi realizada a sexagem, permanecendo 8 plantas de cada acesso.

2.2. Material Vegetal

Foram avaliados 139 genótipos, sendo 70 do grupo Solo e 69 do grupo Formosa, todos os acessos foram de *C. papaya*.

As avaliações foram realizadas apenas nas plantas hermafroditas, tendo em vista que estas produzem os frutos que são comercialmente aceitos pelos consumidores. Os acessos foram avaliados num período de 10 meses (fevereiro a novembro de 2021).

Foram obtidos na estação meteorológica da EMBRAPA os dados meteorológicos referentes à Temperatura (°C) e Precipitação (mm) para estudar a relação de anomalias florais com as variáveis climáticas.

2.3. Avaliação das anomalias

As avaliações foram realizadas durante os turnos da manhã (entre 8:00h e 11:00h) e à tarde (entre 14:00h e 17:00h). A avaliação da antese foi considerada a partir da abertura total da flor tendo início em abril, sete meses após o transplante. Realizou-se a contagem de número de flores hermafroditas normais e o número de flores hermafroditas com reversão sexual (hermafrodita alongada), no período correspondente ao verão/inverno de 2021. As flores identificadas como hermafroditas normais apresentavam o ovário bem desenvolvido podendo ser identificadas visualmente, já as flores identificadas com a esterilidade de verão não apresentavam desenvolvimento do ovário (Figura 1).

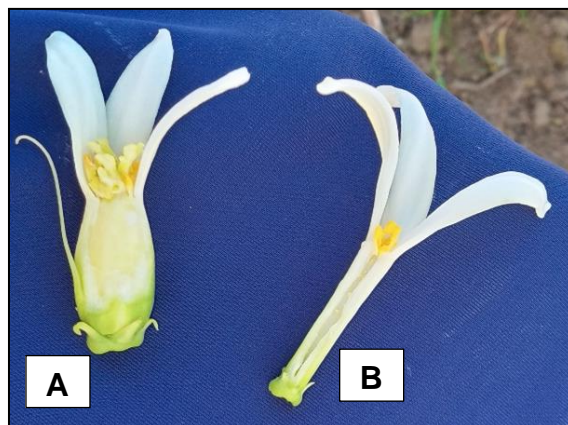


Figura 1. Flor hermafrodita normal (A); Flor hermafrodita com supressão do gineceu ou esterilidade de verão (B). Fotos: Naiane Silva, 2021.

No mês de junho registou-se o surgimento dos primeiros frutos, iniciamos a contagem de frutos quando estes apresentavam aproximadamente 5,0 cm de comprimento. Assim, os frutos foram contabilizados semanalmente e avaliados observando-se as possíveis deformações, sendo classificados em carpelóides ou pentandricos (Figura 2).

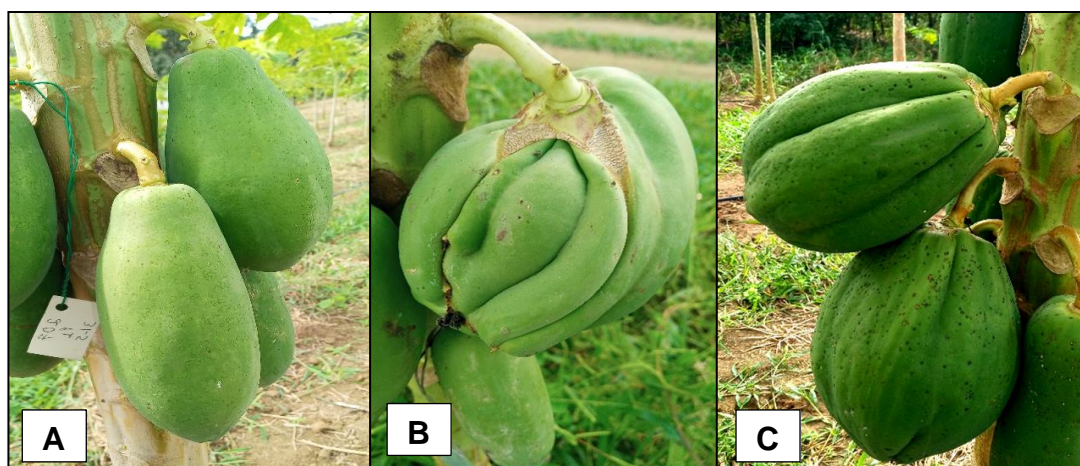


Figura 2. Fruto Comercial (A); Fruto com Carpeloidia (B); Fruto com pentandria (C). Fotos: Naiane Silva, 2021.

Os frutos que apresentavam cinco gomos visivelmente divididos e uniformes foram classificados como frutos pentandricos, já os frutos que foram classificados como carpelóides apresentavam deformações bastante desuniformes resultando em frutos com aparências variadas. Os frutos que não apresentavam deformidades classificamos como frutos comerciais.

A partir do número de frutos pentândricos (NFP) e número de frutos carpeloides (NFCa) foi obtido o número de frutos deformados (NFP + NFCa). A esterilidade de verão foi contabilizada pelo número de flores hermafroditas com reversão sexual (NFR).

O potencial produtivo do acesso foi estimado a partir do número de frutos deformados (NFD) e o NFR em relação à soma entre o número total de frutos (NFT), que é a soma do número de frutos deformados e comerciais, e número de flores com reversão sexual. A incidência das anomalias florais foi estimada como NFD e NFR em relação à soma das anomalias totais (SOM). Desta foram, quatro variáveis foram derivadas das relações entre as características associadas a anomalias florais conforme descrito a seguir (MOREIRA *et al.*, 2019):

$$V1 = (NFD/NFT) + NFR$$

$$V2 = (NFR/NFT) + NFR$$

$$V3 = (NFD/SOM)$$

$$V4 = (NFR/SOM)$$

2.4. Análise estatística

Realizou-se análise estatística para estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos considerando a estimação de parâmetros associados à repetibilidade bem como os valores fenotípicos permanentes. As características foram analisadas utilizando a metodologia dos modelos lineares mistos, mediante o procedimento REML (máxima verossimilhança restrita) para estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos e pelo Blup (melhor preditor linear não viciado) para estimar os valores fenotípicos permanentes.

Uma vez que foram realizadas avaliações semanais no período de fevereiro a novembro de 2021, os meses foram considerados como blocos. Portanto, foi utilizado um modelo de repetibilidade para experimentos em delineamento em blocos completos. O referido modelo foi analisado utilizando o Software Selegen-REML/BLUP conforme apresentado por Resende (2016).

No melhoramento genético de fruteiras as características de interesse são expressas por mais de uma vez em um mesmo indivíduo, gerando medidas repetidas no tempo ou no espaço. No mamoeiro, o ciclo produtivo é relativamente longo, nove meses entre o plantio e a primeira colheita, é comum dividir o período de produção de frutos em pelo menos três épocas, compreendidas a partir da frutificação. Assim, a avaliação genética em fruteiras deve basear-se em modelos estatísticos que considerem o efeito de ambiente permanente, bem como o parâmetro associado à correlação fenotípica entre medidas repetidas em um mesmo indivíduo, o qual é chamado de repetibilidade (VIANA; RESENDE, 2014). A repetibilidade expressa a proporção de variância de medidas simples, que é causada pelas diferenças permanentes ou não, localizadas entre indivíduos, tanto genética como de ambiente (FALCONER, 1987).

As correlações entre características foram estimadas pelo teste de correlação de Pearson, para o qual a hipótese de correlação igual a zero foi analisada pelo teste t com n-2 graus ($p < 0,05$), utilizando o pacote corrplot (WEI; SIMKO, 2021) da versão do software R 4.01 (R CORE TEAM, 2022)

O ranking dos 42 acessos com potencial produtivo superior foi obtido a partir da estimativa de anomalias totais (AT), obtida como a soma do produto entre as médias das variáveis estimadas e as médias das variáveis de maior influência na população durante as avaliações; neste caso, NDF/SUM ($\mu = 0,61$) e NFR/SUM ($\mu = 0,39$). A estimativa de anomalias totais foi avaliada conforme descrito a seguir:

$$TA = [0,61 \times (V1 + V3) + 0,39 \times (V2 + V4)]$$

Em que:

$$V1 = (\mu_{NFD/NFT}) + NFR$$

$$V2 = (\mu_{NFR/NFT}) + NFR$$

$$V3 = (\mu_{NFD/SOM})$$

$$V4 = (\mu_{NFR/SOM})$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros genéticos associados a anomalias florais

A esterilidade de verão foi a anomalia mais frequente no período de avaliação sobretudo com temperaturas mais elevadas, estimada pela contagem do número de flores com reversão sexual. Estudos realizados no mamoeiro também apontaram que a ocorrência de esterilidade de verão aumenta nos meses com temperaturas mais elevadas (DAMASCENO JR. *et al.*, 2018; MOREIRA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2007).

Na tabela 1 observa-se que a variância de ambiente permanente (V_{perm}) apresentou alta porcentagem de variância fenotípica individual (V_f) e baixa variância residual temporária (V_e) para todas as características avaliadas, evidenciando que os efeitos genéticos foram mais importantes do que os efeitos ambientais para explicar a variação entre os acessos. A V_e representa a variação residual temporária associada aos efeitos ambientais transitórios que se manifestam em cada medição, a exemplo dos efeitos das flutuações climáticas mensais e suas interações com as plantas, principalmente tratando-se de características quantitativas (VIANA; RESENDE, 2014).

Tabela 1. Componentes de variância e parâmetros genéticos de repetibilidade de características reprodutivas de acessos de mamoeiro (Cruz das Almas-BA, 2022)

Parâmetros	(NFD/NFT) + NFR	(NFR/NFT) + NFR	NFD/SOM	NFR/SOM
σ_g^2	0,11	0,19	0,00	0,00
σ_{perm}^2	0,02	0,03	0,00	0,00
σ_e^2	0,03	0,06	0,00	0,00
σ_f^2	0,16	0,28	0,01	0,01
h_g^2	0,67 ± 0,05	0,67 ± 0,05	0,66 ± 0,05	0,66 ± 0,05
ρ	0,79 ± 0,05	0,79 ± 0,05	0,81 ± 0,06	0,81 ± 0,06
c_{perm}^2	0,12	0,12	0,15	0,15
h_{mg}^2	0,95	0,95	0,94	0,94
\hat{y}	1,57	1,40	0,61	0,39

σ_g^2 = variância genotípica; σ_{perm}^2 = variância de ambiente permanente; σ_e^2 = variância residual temporária; σ_f^2 = variância fenotípica individual; h_g^2 = herdabilidade; ρ = repetibilidade; c_{perm}^2 = coeficiente efeitos de ambiente permanente; h_{mg}^2 = herdabilidade de médias de acessos; \hat{y} = média geral do experimento.

Verifica-se que a repetibilidade (ρ) foi alta ($0,79 \leq \rho \leq 0,81$) para todas as características indicando baixa variação entre as avaliações, dado o alto número de avaliações realizadas. O BAG mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura é composto por linhagens e híbridos que geneticamente são uniformes fato que pode ter contribuído para as magnitudes elevadas observadas. Esse resultado difere do estudo realizado por Moreira *et al.* (2019) avaliando as mesmas características, onde os coeficientes de ρ foram de baixa magnitude ($0,10 \leq \rho \leq 0,29$) para NFD/NFT + NFR, NFD/SOM e NFR/SOM, e intermediário (0,42) para NSF/NFT + NSF. Esses autores sugerem que as magnitudes obtidas podem ser explicadas pela natureza da estrutura genética da população segregante do estudo e o baixo número de medidas repetidas realizadas. Cruz *et al.* (2014) afirmaram que a repetibilidade varia com a natureza da característica, as proporções genéticas da população e as condições ambientais em que os indivíduos são mantidos.

As magnitudes de herdabilidade ($h_g^2 \geq 0,66$) foram altas para todas as características. A herdabilidade refere-se à variação genética da média da população, sendo imprescindível no desenvolvimento de programas de seleção para obtenção do ganho genético na população, a alta herdabilidade indica que a variação fenotípica observada é provocada principalmente pela variabilidade genética entre os acessos (FALCONER; MACKAY, 1996).

Os altos valores de herdabilidade indicam alta variabilidade genética entre os acessos para anomalias florais. Elevadas magnitudes desse parâmetro mostram que é possível selecionar acessos com baixa frequência de anomalias florais e/ou boa produção de frutos comerciais. Altas magnitudes de herdabilidade mostram alta acurácia que expressa a correlação entre o valor genotípico real dos genótipos e aquele previsto a partir das informações obtidas em experimentos de campo, que é maior à medida que os desvios absolutos entre esses valores diminuem. Conforme afirmam Resende e Duarte (2007), o cenário ideal seria aquele em que os valores de acurácia fossem superiores a 0,7, pois acurácias altas indicam que a precisão na seleção praticada na progênie será alta.

A Figura 3 apresenta as correlações entre as características associadas a anomalias florais do mamoeiro. Os valores apresentados demonstraram

correlações altas e significativas entre as características. Foram obtidas correlações positivas ($r= 0,91$) entre as características NFR/SOM e NFR/NFT + NFR, NFR/SOM e NFD/NFT + NFR ($r= 0,86$) e entre NFR/NFT + NFR e NFD/NFT + NFR ($r= 0,99$). Por outro lado, correlações negativas foram obtidas entre as características NFD/SOM e NFR/SOM ($r= -1$), NFD/SOM e NFR/NFT + NFR ($r= -0,91$) e entre NFD/SOM e NFD/NFT+NFR ($r= -0,86$).

Correlações positivas indicam que quanto maior a incidência de anomalias florais maior será o impacto no potencial produtivo dos acessos. Correlações negativas entre flores com reversão e frutos deformados podem dificultar a seleção de acessos visto que acessos com baixa incidência de frutos deformados podem apresentar alta indecência de reversão sexual. Moreira *et al.* (2019), obtiveram correlações positiva e significativa entre número de frutos deformados / número de frutos + nó sem frutos e nó sem frutos / soma das anomalias, indicando que a incidência de esterilidade de verão (nó sem frutos) na população estudada está diretamente ligada ao potencial produtivo da planta, visto que com o aborto da flor o fruto não será gerado.

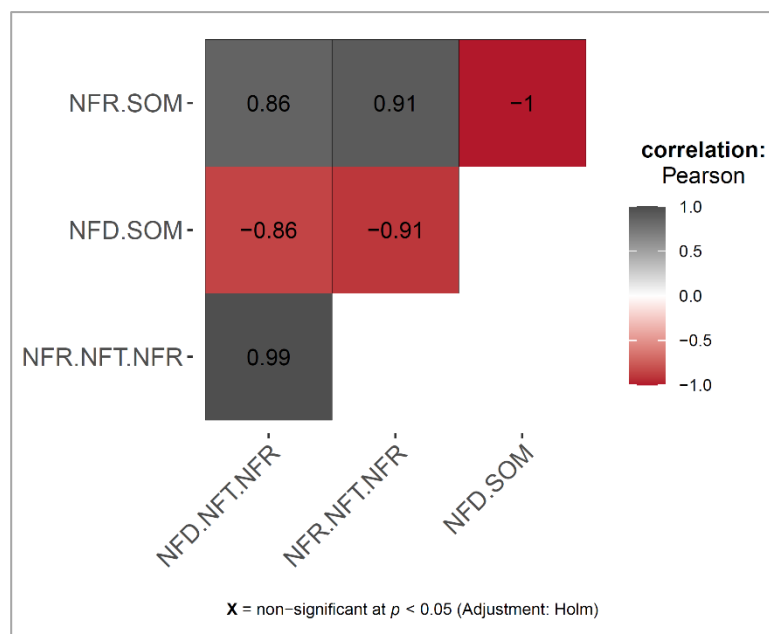


Figura 3. Correlações de *Pearson* entre características associadas a anomalias florais no mamoeiro

Com base nas médias dos valores fenotípicos para as variáveis analisadas, a variável que obteve a maior média foi NFD/NFT + NFR (6,01), sendo o número de frutos deformados a anomalia de maior ocorrência no período de avaliação. Moreira *et al.* (2019) também observaram que frutos deformados foi a anomalia de maior ocorrência nos meses de avaliação (primavera e verão). Esse resultado difere do encontrado por Damasceno Junior *et al.* (2008), em que concluíram que a esterilidade do verão teve maior influência na redução da produção, com base na média encontrada no verão e na primavera, porém avaliaram o comportamento floral de híbridos de mamoeiro, enquanto no presente estudo os frutos foram avaliados.

3.2. Diversidade fenotípica de acessos de mamoeiro com base em anomalias florais

A análise de agrupamento revelou a formação de 3 grupos de acessos com base em características associadas a anomalias florais (Figura 4). No C1 foram alocados 16 acessos, incluindo 6 acessos do grupo Solo e 10 acessos do grupo Formosa. No C2 foram agrupados 75 acessos, 29 acessos do grupo Formosa e 46 acessos do grupo Solo. No C3 foram alocados 48 acessos, incluindo 30 acessos do grupo Formosa e 18 acessos do grupo Solo.

Os genótipos do C1 apresentaram baixos valores de NFD/SOM, com destaque para os seguintes acessos: CMF257, CMF251, CMF175, CMF060, com médias de 0,40, 0,44, 0,45 e 0,46, respectivamente. Para a característica NFD/NFT+NFR os acessos com as menores médias foram: CMF211 (1,89), CMF002(2,00), CMF072 (2,03), CMF041 (2,13). Para a característica NFR/NFT+NFR os acessos com as menores médias foram: CMF211 (1,94), CMF002(2,02), CMF072 (1,98), CMF041 (2,104). Para a característica NFR/SOM os acessos com as menores médias foram: CMF008 (0,42), CMF072 (0,344), CMF041(0,46), CMF011 (0,47).

Os genótipos do C2 apresentaram baixos valores de NFD/NFT+NFR Com destaque para os acessos CMF087(1,09), CMF234 (1,17), CMF253 (1,18), CMF006 (1,20), CMF082 (1,20) CMF006 (1,20). Para a característica NFR/NFT+NFR os acessos com as menores médias foram: CMF087 (1,09), CMF088 (1,25), CMF005 (1,22), CMF012 (1,21). Para a característica

NFD/SOM os acessos com as menores médias foram: CMF075 (0,60), CMF120 (0,60), CMF207 (0,61), CMF031 (0,61) CMF078X131 (0,61), CMF065 (0,61). Para a característica NFR/SOM os acessos com as menores médias foram: CMF088 (0,23), CMF005 (0,25), CMF087 (0,27), CMF012 (0,29), CMF146 (0,29), CMF169 (0,29), CMF172 (0,29), CMF006 (0,29).

Os genótipos do C3 apresentaram baixos valores de NFR/NFT+NFR Com destaque para os acessos CMF094 (1,30), CMF165 (1,31), CMFL78X154 (1,33), CMF246 (1,35), CMF037 (1,35). Para a característica NFD/NFT+NFR os acessos com as menores médias foram: CMF094 (1,42), CMF165 (1,47), CMFL78X154 (1,49), CMF1,29 (1,51). Para a característica NFD/SOM os acessos com as menores médias foram: CMF261 (0,26), CMF044 (0,27), CMF188 (0,28), CMF139 (0,29), CMF038 (0,54), CMF023 (0,54), CMFL47-P5 (0,54). Para a característica NFR/SOM os acessos com as menores médias foram: CMF133 (0,36), CMF040 (0,36), CMF067 (0,36), CMF028 (0,37), CMFL11XL78 (0,37).

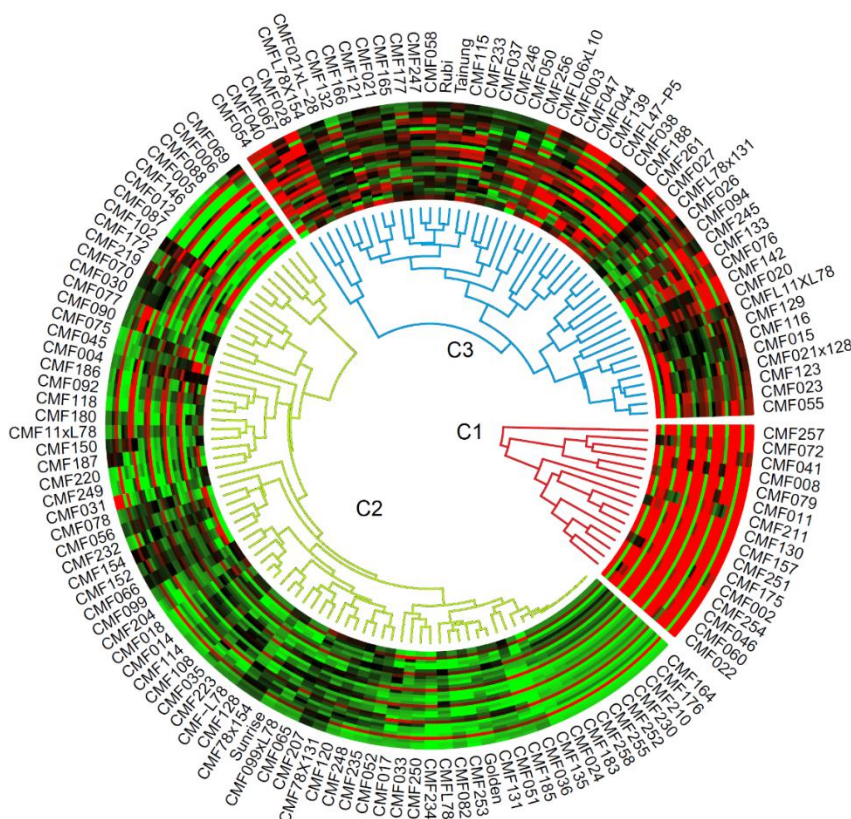


Figura 4. Mapa de calor circular e dendrograma de acessos de mamoeiro do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura baseado na distância euclidiana para características associadas a anomalias florais. Clusters (C1, C2 e C3).

O C1 destacou-se por apresentar as menores médias de valores fenotípicos permanentes para NFD/SOM (0,49) e a maior média para as demais características (Figura 5). O C2 apresentou as maiores médias para NFD/SOM (0,66) e as menores médias para as demais características. O C3 foi formado por acessos que apresentaram médias de 1,76 (NFD/NFT+NFR), 1,54 (NFR/NFT+NFR), 0,58 (NFD/SOM) e 0,42 (NFR/SOM), intermediárias aos demais grupos.

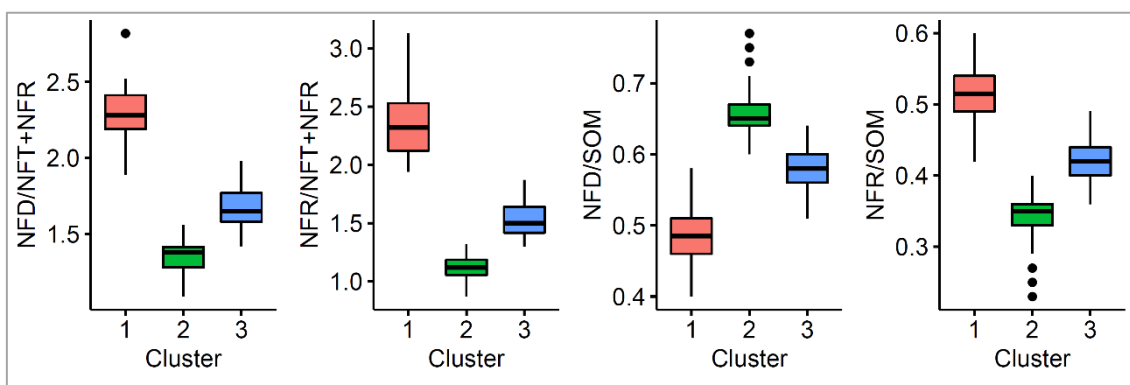


Figura 5. Box plot de valores fenotípicos permanentes de três clusters de acessos do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura baseado em características associadas a anomalias florais.

3.3. Efeito da precipitação e temperatura em características reprodutivas de acessos de mamoeiro associadas a anomalias florais

Considerando os clusters gerados a partir da análise de agrupamento foram ajustados modelos de regressão para entender a ocorrência das anomalias florais no período de avaliação (Figura 6). De maneira geral, os ajustes dos modelos considerando o coeficiente de determinação (R^2) nos três Clusters foram diferentes evidenciando uma resposta diferenciada dos acessos aos fatores ambientais. De acordo Damasceno Jr. *et al.* (2018) existem respostas diferenciadas dos genótipos à reversão sexual conforme observado em avaliações realizadas em linhagens e híbridos de mamoeiro.

Em relação ao número de flores com reversão foram ajustados modelos polinomiais ($y=a+bx+bx^2$) em função dos meses do ano com coeficientes de

determinação de $R^2=0,42$ (C1), $R^2=0,62$ (C2) e $R^2=0,68$ (C3), respectivamente. Foi observado um incremento entre os meses de agosto e setembro, meses em que há transição do inverno para primavera com declínio e aumento da temperatura. Considerando a característica NFR/NFT+NFR associada ao potencial produtivo dos acessos, ou seja, a relação entre flores com reversão e a produção de frutos, apresentou declínio ao longo do tempo com ponto máximo em junho (9 meses após o transplântio) que corresponde ao inverno. Em outras palavras, o efeito da esterilidade de verão na produtividade é menor nos meses com baixa temperatura e alta precipitação. Foram ajustados modelos polinomiais ($y=a+bx+bx^2$) em função dos meses do ano com coeficientes de determinação de $R^2=0,37$ (C1), $R^2=0,92$ (C2) e $R^2=0,71$ (C3), respectivamente.

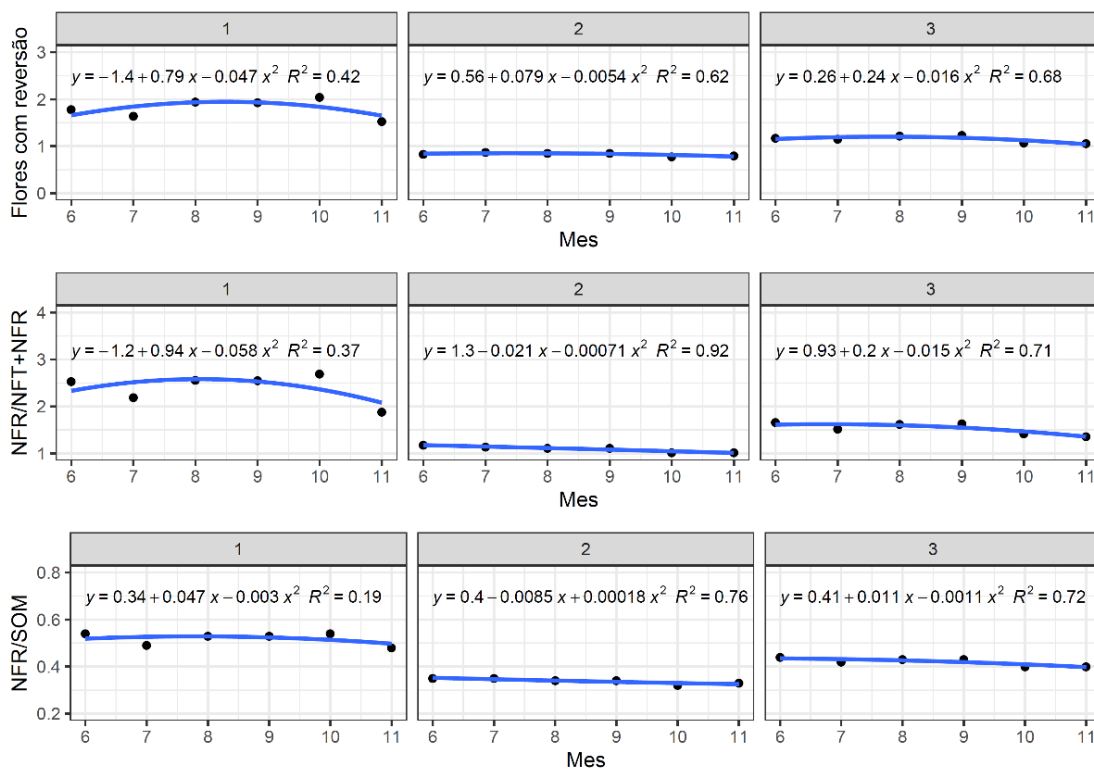


Figura 6. Relação da ocorrência de reversão sexual em três clusters (C1, C2, C3) de acessos com padrão de florescimento e frutificação semelhantes em função dos meses após o plantio. Os valores representam modelos de regressão polinomial com respectivos coeficientes de determinação. NFR: Número de flores com reversão; NFT: Número de frutos totais; SOM: Número de frutos deformados + número de flores com reversão.

Por sua vez, a característica NFR/SOM que representa a incidência de flores com reversão sexual apresentou declínio ao longo do tempo com ponto máximo em junho (9 meses após o plantio) que corresponde ao inverno. Foram ajustados modelos polinomiais ($y=a+bx+bx^2$) em função dos meses do ano com coeficientes de determinação de $R^2=0,19$ (C1), $R^2=0,76$ (C2) e $R^2=0,72$ (C3). Esses resultados mostram que existe menor ocorrência de flores estéreis nos meses com maior precipitação. De acordo com Almeida *et al.* (2003) as flores estéreis apresentaram maior ocorrência no verão (janeiro e fevereiro) e menor ocorrência no início do inverno (maio). Esses autores verificaram que existem maior ocorrência nas menores lâminas de água aplicadas na irrigação. Segundo Damasceno Jr. *et al.* (2008) e Silva *et al.* (2007), há um aumento na esterilidade de verão entre dezembro e março nos meses com temperaturas mais altas, corroborando com o encontrado por Moreira *et al.* (2019), que relatam que a época de menor incidência de esterilidade de verão foi o inverno, inferindo que houve uma menor reversão sexual durante esse período. Esses autores concluíram que o número de flores hermafroditas foi mais influenciado por fatores ambientais do que por fatores genéticos no verão, enquanto que o número de flores masculinas mostrou-se mais influenciado por fatores genéticos do que ambientais nas duas épocas avaliadas, inverno e verão.

Em relação aos frutos deformados representados por frutos carpeloides e frutos pentândricos também houve resposta diferenciada dos Clusters de acessos ao ajuste dos modelos (Figura 7). Para frutos pentândricos ajustados modelos polinomiais ($y=a+bx+bx^2$) em função dos meses do ano com coeficientes de determinação de $R^2=0,96$ (C1), $R^2=0,98$ (C2) e $R^2=0,86$ (C3), respectivamente. Foi observado maior ocorrência nos meses de agosto e setembro. É importante salientar que esses frutos foram produzidos no final do outono e no inverno entre os meses de junho e julho, meses em que há maior precipitação e baixas temperaturas. Esses concordam com os estudos realizados no mamoeiro em que há maior incidência de carpeloida com baixas temperaturas e elevada humidade do solo (AWADA; IKEDA, 1957; ARKLE JUNIOR; NAKASONE, 1984).

Em relação aos frutos pentândricos não houve bom ajuste dos modelos sendo obtidas magnitudes de $R^2=0,22$ (C1), $R^2=0,29$ (C2) e $R^2=0,41$ (C3),

respectivamente. Contudo, foi observado um incremento da pentandria ao longo do tempo, de junho a novembro, ou seja, do inverno ao final da primavera.

Considerando a os frutos deformados (frutos carpeloides + frutos pentândricos) foram ajustados modelos com magnitudes de $R^2=0,84$ (C1), $R^2=0,93$ (C2) e $R^2=0,99$ (C3), respectivamente. Foi observado maior ocorrência nos meses de agosto e outubro. Esse comportamento é similar ao observado para frutos carpeloides, uma vez que essa anomalia teve maior incidência do que a pentandria.

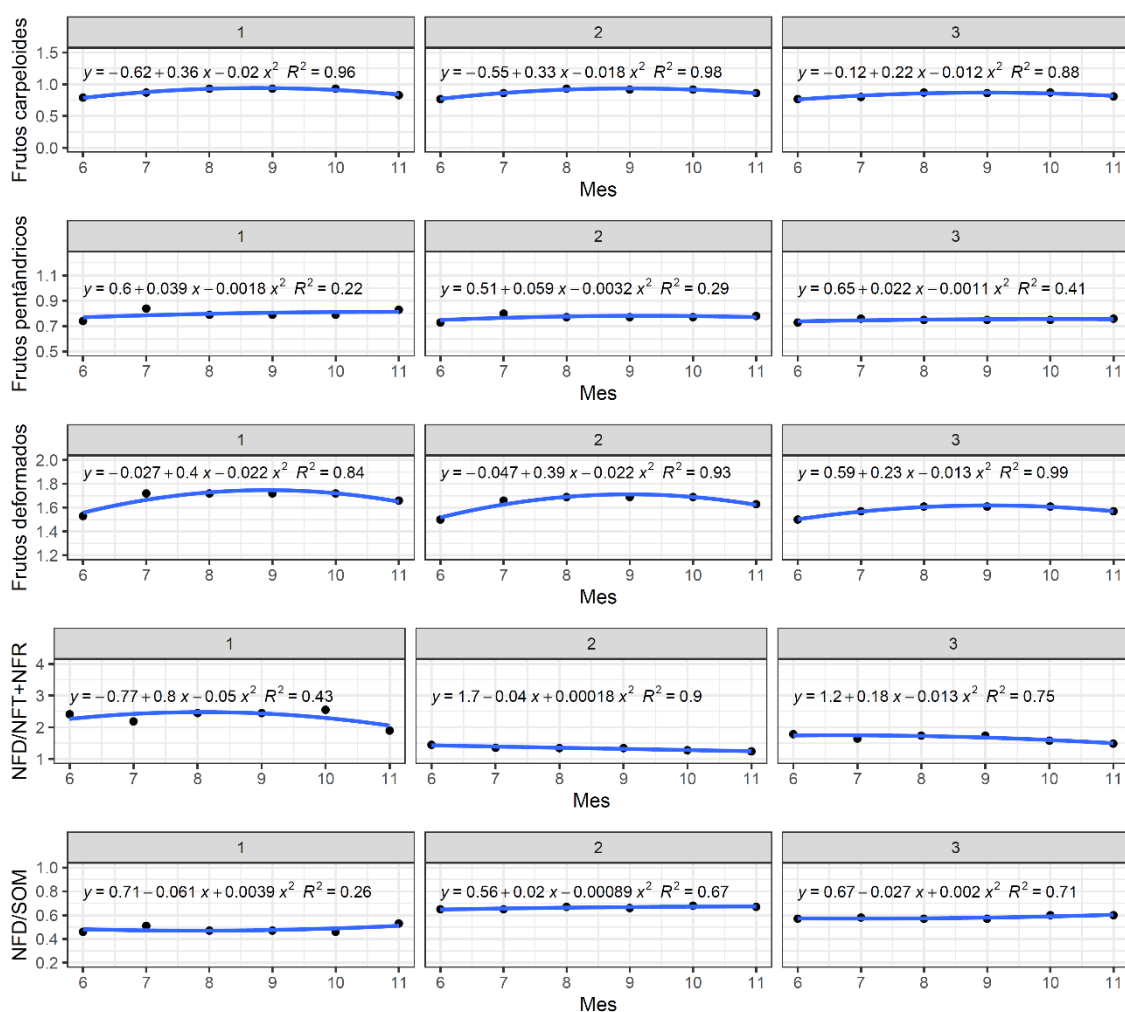


Figura 7. Relação da ocorrência de frutos deformados (NFD) (número de frutos pentândricos + número de frutos carpeloides) em três clusters (C1, C2, C3) de acessos com padrão de florescimento e frutificação semelhantes em função dos meses após o plantio. Os valores representam modelos de regressão polinomial com respectivos coeficientes de determinação. NFR: Número de flores com reversão; NFT: Número de frutos totais; NFD/SOM: Número de frutos deformados + número de flores com reversão.

Para a característica NFD/NFT+NFR associada ao potencial produtivo dos acessos foram ajustados modelos polinomiais com coeficientes de determinação de $R^2=0,43$ (C1), $R^2=0,90$ (C2) e $R^2=0,75$ (C3), respectivamente. Nota-se que existe um declínio do efeito dessa anomalia no potencial produtivo dos acessos ao longo do tempo com ponto máximo em novembro (14 meses após o plantio) que corresponde à primavera. Essa diminuição do efeito dos frutos deformados pode ser explicada pelo fato de a incidência de anomalias, principalmente carpeloidia, apresentar baixa incidência em baixas temperaturas e elevada umidade do solo. O período de avaliação do estudo correspondeu aos meses de junho a novembro, final do outono e final da primavera.

Em relação à característica NFD/SOM que representa a ocorrência de frutos deformados apresentou declínio ao longo do tempo com ponto máximo em junho (9 meses após o plantio) que corresponde ao inverno. Foram ajustados modelos polinomiais ($y=a+bx+bx^2$) com coeficientes de determinação de $R^2=0,60$ (C1), $R^2=0,93$ (C2) e $R^2=0,57$ (C3), respectivamente.

Esses resultados concordam com estudos realizados no mamoeiro que apontam que a incidência de pentandria é maior a temperaturas elevadas.

Sabe-se que condições ambientais que proporcionam noites com altas temperaturas e níveis saturados de umidades no solo induzem à produção de flores estaminadas e supressão do ovário, enquanto as baixas temperaturas em período noturno durante o inverno modificam os estames surgindo uma estrutura carnosa parecida com os carpelos, a carpeloidia. Estas variações causam a produção de grande quantidade de frutos deformados, o mesmo ocorrendo com temperaturas contínuas superiores a 36°C . Esse fenômeno ocorre também em condições de chuvas frequentes, quando se apresentam condições de alta umidade relativa, conjuntamente com as altas temperaturas (COSTA *et al.*, 2003).

Segundo Moreira *et al.* (2019), os frutos carpelóides têm maior ocorrência no outono, quando as temperaturas estão mais amenas. Os autores relatam que a esterilidade de verão foi a anormalidade floral de maior incidência na população base em estudo nas épocas de avaliação com ocorrência em maior intensidade à temperatura de $26,49^{\circ}\text{C}$, a $20,8^{\circ}\text{C}$, no mesmo período houve

maior frequência de frutos deformados, principalmente pentandria, e a maior porcentagem média de frutos pentândricos ocorreu no inverno

Tamaki *et al.* (2011) analisaram variações sazonais na frequência de anormalidades florais, produção de frutos, capacidade de germinação de pólen e função reprodutiva de pistilos. No entanto, observou-se que a esterilidade de verão e as anormalidades florais ocorreram em temperaturas altas (25,6 a 30,5°C) e baixas (16,9 a 18,1°C), respectivamente.

3.4. Seleção de acessos de mamoeiro com baixa frequência de anomalias florais

Com base no índice de Anomalias Florais Totais (AT), foram selecionados 42 acessos potencialmente superiores para as características avaliadas (Tabela 2). Os acessos selecionados foram agrupados no Cluster 2 sendo 30 (71%) pertencentes ao grupo Solo e 12 (29%) ao grupo Formosa.

De acordo com o ranqueamento realizado através do índice AT, os acessos com menor frequência de anomalias foram CMF087 (grupo Solo), CMF234 (Grupo Solo), CMF253 (Grupo Solo), CMF146 (Grupo Formosa), CMF012 (grupo Solo), CMF036 (grupo Solo). Esses acessos podem ser classificados com bom potencial produtivo e baixa incidência de anomalias florais com potencial uso nos programas de melhoramento para desenvolvimento de linhagens ou híbridos. A seleção de genótipos com ocorrência mínima de frutos deformados e esterilidade de verão deve ser um dos objetivos dos programas de melhoramento de mamoeiro.

O índice TA foi utilizado por Moreira *et al.* (2019) para classificar genótipos de mamoeiro de uma população base de um programa de seleção recorrente. Por meio do índice foram selecionados 30 genótipos com baixa incidência de frutos deformados e esterilidade de verão.

A classificação de acessos também mostra a existência de variabilidade do banco de germoplasma. Um dos principais objetivos do melhoramento do mamoeiro é aumentar a base genética da cultura, visando o desenvolvimento de genótipos superiores e, entre outras características morfo-agronômicas

desejáveis, a redução da incidência de frutos deformados e esterilidade de verão, satisfazendo as necessidades do mercado interno e externo.

Tabela 2. Ranqueamento de 42 acessos de mamoeiro do banco ativo de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura baseado em características reprodutivas associadas a anomalias florais. Cruz das Almas-BA, 2022.

Acesso	Grupo	NFD/NFT + NFR	NFR/NFT + NFR	NFD/SOM	NFR/SOM	TA
CMF087	S	1,09	0,87	0,73	0,27	1,56
CMF234	S	1,17	0,97	0,67	0,33	1,63
CMF253	S	1,18	1,00	0,65	0,35	1,64
CMF146	F	1,21	0,94	0,71	0,29	1,65
CMF012	S	1,21	0,93	0,71	0,29	1,65
CMF036	S	1,21	0,98	0,67	0,33	1,65
CMF082	S	1,20	1,01	0,65	0,35	1,66
CMF005	S	1,22	0,92	0,75	0,25	1,66
CMF185	S	1,20	1,01	0,66	0,34	1,66
CMF006	S	1,20	0,99	0,71	0,29	1,66
CMF088	S	1,25	0,90	0,77	0,23	1,68
CMF249	S	1,24	0,98	0,69	0,31	1,68
CMF250	S	1,25	1,04	0,67	0,33	1,71
CMFL78	S	1,25	1,07	0,64	0,36	1,71
CMF118	S	1,27	1,05	0,69	0,31	1,73
CMF204	S	1,28	1,07	0,65	0,35	1,73
CMF131	S	1,27	1,09	0,63	0,37	1,73
CMF051	S	1,28	1,08	0,64	0,36	1,73
CMF035	F	1,28	1,10	0,64	0,36	1,74
CMF099xL78	S	1,29	1,10	0,63	0,37	1,74
CMF033	F	1,31	1,05	0,67	0,33	1,75
CMF135	F	1,33	1,02	0,68	0,33	1,75
CMF78x154	S	1,28	1,12	0,63	0,37	1,75
CMF024	F	1,34	1,04	0,66	0,34	1,76
CMF017	F	1,31	1,10	0,67	0,33	1,76
CMF183	S	1,37	1,05	0,66	0,34	1,78
Golden	S	1,36	1,08	0,65	0,35	1,78
CMF052	S	1,33	1,13	0,64	0,36	1,78
CMF78X131	S	1,32	1,18	0,61	0,39	1,79
CMF099	S	1,33	1,15	0,64	0,36	1,79
CMF220	F	1,40	1,02	0,70	0,30	1,79
CMF164	F	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80

CMF176	S	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80
CMF210	S	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80
CMF230	S	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80
CMF252	F	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80
CMF255	F	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80
CMF258	F	1,39	1,06	0,66	0,34	1,80
CMF-L78	S	1,36	1,15	0,63	0,37	1,81
CMF128	S	1,37	1,14	0,64	0,36	1,81
CMF186	S	1,37	1,12	0,68	0,32	1,81
CMF187	F	1,38	1,11	0,68	0,32	1,82

F: grupo Formosa; S: grupo Solo. NFR: número de flores com reversão; NFD: número de frutos deformados; NFT: número de frutos totais; SOM: NFR+NFD.

CONCLUSÕES

Foi constada alta variabilidade genética entre os acessos para anomalias florais como frutos carpeloides, frutos pentândricos e flores com reversão possibilitando a seleção de 42 acessos com bom potencial produtivo e estáveis para florescimento e frutificação.

A esterilidade de verão (reversão sexual) teve maior incidência nos meses com temperaturas mais elevadas e baixa precipitação para as condições apresentadas no período de junho a novembro de 2021 em Cruz das Almas-BA. A carpeloidia teve maior incidência nos meses com temperaturas mais baixas e elevada precipitação, enquanto que a pentândria teve maior incidência nos meses com temperaturas mais altas e baixa precipitação.

REFERÊNCIAS

CAMPOSTRINI, E. *et al.* Fatores ambientais que controlam a assimilação de carbono, crescimento e produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em cenários de escassez hídrica. In: Escassez hídrica e agricultura sustentável no semiárido. **Imprensa Acadêmica**, 481-505, 2018.

COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. (eds.). A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: **Incapar**, p. 59-102, 2003.

COUTO, F.A.D.; NACIF, S.R. Hibridação em mamão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas** Viçosa: UFV, p. 307-329, 1999.

CORTES, D. F. M. Desenvolvimento de linhagens de mamoeiro assistido por imagens digitais. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, **Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, Campos dos Goytacazes - RJ. 159p., 2017.

DAMASCENO JR, P. C.; SANTANA P. T. N.; FILHO SILVA, F.; PIO VIANA, A.; GONZAGA, P. M. Comportamento floral de híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) avaliados no verão e na primavera. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 310-316, Viçosa. Jul./ago., 2008.

DAMASCENO JUNIOR, P. C.; PEREIRA, T. N. S.; SILVA, F. F. D.; REIS, M. V. M.; PEREIRA, M. G. Diversidade genética em duas espécies de Caricáceas e suas relações genéticas com *Carica papaya* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 733-739, out-dez, 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2019.

Falconer, D. S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa, MG: UFV, p.1987, 279

INMET: **Instituto Nacional de Meteorologia**, Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br>> Acesso em: junho de 2022.

MOREIRA, N. F.; PEREIRA, T. N. S.; CATARINA, R. S.; CORTES, D. F. M.; VETTORAZZI, J. C. F.; RAMOS, H. C. C.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G. Quantification of floral abnormalities in a population generated from sexual polymorphism aiming at recurrent selection in papaya. **Bragantia**, Campinas, v. 78, n. 2, p. 158-165, 2019.

MOURA, Hellen Cristina da Paixão. Caracterização da Fenologia Reprodutiva e da Viabilidade Gamética Associada ao Tamanho do Botão Floral em Genótipos Elite de Mamoeiro (*Carica papaya* L.) 2012. 70 p. Dissertação de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da **Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro** – UENF, 2012.

MARTELLETO, Luiz Aurélio Peres et al. Expressão da esterilidade feminina e da carpeloidia em mamoeiro sob diferentes ambientes de cultivo protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura* [online]. 2011, v. 33, n. 4 [Acessado 14 Agosto 2022] , pp. 1185-1193. Epub 30 Jan 2012. ISSN 1806-9967.
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400017>.

RAMOS, H.; PEREIRA, M.; PEREIRA, T.; BARROS, G.; FERREGUETTI, G. Characterization of genetic-molecular variability of papaya population based on microsatellite markers. **Genetic and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10367-10381, 2014.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; LIMA, L.F.; NEVES, T.T.; CONCEIÇÃO, E.A. Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão. **Cienc. Rural (online)**. vol. 45, n. 11, p. 2076-2081, 2015.

RODRIGUES, S. P.; CUNHA, M.; VENTURA, J. A.; FERNANDES, P. M. B. Effects of the Papaya meleira virus on papaya latex structure and composition. **Plant cell reports**, v. 28, n. 5, p. 861-871, fev-2009.

RUAS, K. F.; BARONI D. F.; DE SOUSA, G. A. R.; BERNADO, W. P.; PAIXÃO, J. S.; DOS SANTOS, G. M. FILHO, J. A. M.; DE ABREU, D. P.; DE SOUSA, E. F. RAKOCEVIC, M. RODRIGUES, W. P.; CAMPOSTRINI E. A *Carica papaya* L. genotype with low leaf chlorophyll concentration copes successfully with soil water stress in the field. **Scientia Horticulturae**, 293, 110722, 2022.

SILVA, F. H. L.; VIANA, A. P.; SANTOS E. A.; FREITAS, J. C. O.; RODRIGUES, D. L.; AMARAL JUNIOR, A. T. Prediction of genetic gains by selection indexes and REML/BLUP methodology in a population of sour passion fruit under recurrent selection. **Acta Scientiarum. Agronomia**. v. 39, n. 2, p.183-190, junho-2017.

SILVA, M. S.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; FERREIRA, R. B.; MODESTO, J. H.; BOLFARINI, A. C. B. Thermal requirement and phenological characterization of papaya varieties cultivated under subtropical climate. **IRRIGA**, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 367-377, abr-jun 2019.

VIANA, A.P., RESENDE, M.D.V. Genética quantitativa no melhoramento de fruteiras. 1. ed. 296 p. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2014.