

## **Florescimento do mamoeiro como subsídio para o melhoramento genético da cultura – revisão de literatura**

**Papaya flowering as a subsidy for the plant breeding of the crop – literature review**

**Floración de papaya como subsidio para el mejoramiento genético del cultivo – revisión de la literatura**

Recebido: 18/10/2022 | Revisado: 29/10/2022 | Aceitado: 01/11/2022 | Publicado: 07/11/2022

### **Naiane dos Santos da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9874-3579>  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil  
E-mail: nai7x70@gmail.com

### **Hellen Cristina da Paixão Moura**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2560-898X>  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil  
E-mail: hcris20@yahoo.com.br

### **Thatiane Maria da Conceição Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8978-4224>  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil  
E-mail: thatinhamcsilva@gmail.com

### **Diego Fernando Marmolejo Cortes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1250-9376>  
Embrapa Mandioca e Fruticultura, Brasil  
E-mail: diegomarmol82@hotmail.com

### **Liliane Santana Luquine**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7254-1039>  
Embrapa Mandioca e Fruticultura, Brasil  
E-mail: lilianeluquine@yahoo.com.br

### **Maria Luiza Miranda dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3018-726X>  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil  
E-mail: luiza\_pssantos@hotmail.com

### **Juliana da Silva Lopes Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8778-6899>  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil  
E-mail: jslpereira@hotmail.com

### **Carlos Alberto Silva Ledo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9578-4167>  
Embrapa Mandioca e Fruticultura, Brasil  
E-mail: carlos.ledo@embrapa.com

### **Resumo**

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 as instabilidades climáticas poderão resultar em distúrbios na floração e no desenvolvimento dos frutos, afetando no rendimento 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. Neste foi realizada uma revisão bibliográfica acerca da temática do florescimento na cultura do mamoeiro. Desta forma, foram abordados tópicos quanto a conceitos, anomalias florais, estudo da herança sexual em mamoeiro e variedades utilizadas, sendo utilizados artigos no período de 2010 a 2021. 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. 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.

**Palavras-chave:** *Carica papaya*; Recursos genéticos vegetais; Fenologia reprodutiva.

### Abstract

The productive success of papaya is the result of several factors that are intrinsic to the cultivar, management and environmental conditions during its vegetative and reproductive cycle. After starting flowering and, consequently, production, the papaya tree continues the reproductive process throughout its life cycle. However, during the course of this cycle, climatic instabilities may result in disturbances in flowering and fruit development, affecting crop yield. The date of occurrence of the phases such as sprouting, flowering, fruiting, fruit maturation and leaf fall and the duration of the sub-periods are related to the intensity of the meteorological elements. Thus, phenological studies are fundamental, as they allow better planning for hybridization, aiming at obtaining hybrid seeds for the cultivar development program, in addition to generating information on the development of the culture in relation to the environment, especially to climatic variations. seasonal. In this one, a bibliographic review was carried out on the theme of flowering in the papaya crop. In this way, topics were addressed regarding concepts, floral anomalies, study of sexual inheritance in papaya and varieties used, using articles from 2010 to 2021. Climatic factors are among the limiting factors for papaya production, as they influence growth and flowering, consequently reflecting on fruit production. Knowledge of the behavior of cultivated species in relation to the phenological cycle, such as maturation uniformity, cycle duration and flowering, is essential to support research aimed at genetic improvement.

**Keywords:** *Carica papaya*; Plant genetic resources; Reproductive phenology.

### Resumen

El éxito productivo de la papaya es el resultado de varios factores intrínsecos al cultivo, al manejo y a las condiciones ambientales durante su ciclo vegetativo y reproductivo. Después de iniciar la floración y, en consecuencia, la producción, el árbol de papaya continúa el proceso reproductivo durante todo su ciclo de vida. Sin embargo, durante el curso de este ciclo, las inestabilidades climáticas pueden resultar en alteraciones en la floración y el desarrollo de la fruta, afectando el rendimiento del cultivo. La fecha de ocurrencia de las fases tales como brotación, floración, fructificación, maduración de frutos y caída de hojas y la duración de los subperíodos están relacionados con la intensidad de los elementos meteorológicos. Por lo tanto, los estudios fenológicos son fundamentales, ya que permiten una mejor planificación para la hibridación, con el objetivo de obtener semillas híbridas para el programa de desarrollo de cultivares, además de generar información sobre el desarrollo de la cultura en relación con el medio ambiente, especialmente a las variaciones climáticas estacionales. En éste se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema de la floración en el cultivo de la papaya. De esta forma, se abordaron temas referentes a conceptos, anomalías florales, estudio de herencia sexual en papaya y variedades utilizadas, utilizando artículos del 2010 al 2021. Los factores climáticos se encuentran entre los factores limitantes para la producción de papaya, ya que influyen en el crecimiento y la floración, lo que se refleja en la producción de frutos. El conocimiento del comportamiento de las especies cultivadas en relación con el ciclo fenológico, como la uniformidad de la maduración, la duración del ciclo y la floración, es fundamental para apoyar las investigaciones encaminadas al mejoramiento genético.

**Palabras clave:** *Carica papaya*; Recursos fitogenéticos; Fenología reproductiva.

## 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).

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 fazer uma revisão sobre o florescimento na cultura do mamoeiro abordando as principais temáticas da cultura.

## 2. Metodologia

Revisão bibliográfica de caráter narrativo, de acordo com Correia & Mesquita (2014). Desta forma, foram abordados tópicos quanto à descrição botânica, importância econômica, aspectos florais em mamoeiro, anomalias florais, recursos genéticos

e melhoramento genético. Como critério de inclusão foram selecionados artigos e revisões bibliográficas que abordassem: conceitos, anomalias florais, estudo da herança sexual em mamoeiro e variedades utilizadas. Além disso, para a inclusão no referencial teórico, os trabalhos deveriam ter sido publicados entre os anos de 2010 a 2021, porém, alguns artigos publicados anteriormente a 2010 foram utilizados por serem base de referencial teórico para informações da divisão botânica, e anomalias florais. Foram utilizadas as plataformas de pesquisa Scopus, SciELO e Google Acadêmico para pesquisa de artigos publicados no período de 2010 a 2021 e utilizando os seguintes termos indexadores em português e inglês: Florescimento em mamão, fenologia reprodutiva, importância econômica do mamoeiro, anomalias florais em mamoeiro.

### 3. Resultados e Discussão

#### 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 ( $\beta$ -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).

#### Importância econômica

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 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. Em 2019, o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de mamão atrás de Índia e República Dominicana, respectivamente. A produção mundial do fruto em 2019 atingiu 13,74 milhões t ano-1, neste cenário o Brasil respondeu por 1,16 milhões t ano-1, aproximadamente 8,4% do total produzido (FAOSTAT, 2021).

Segundo Santos, et al. (2018), grande parte da produção brasileira de mamão é destinada ao consumo interno, o país é também um importante exportador, 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 (403.278 t ano-1 em 6.874 ha), Bahia (390.075 t ano-1 em 9.638 ha) e Ceará (118.717 t ano-1 em 1.992 ha) (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).

### 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).

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).

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*.

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).

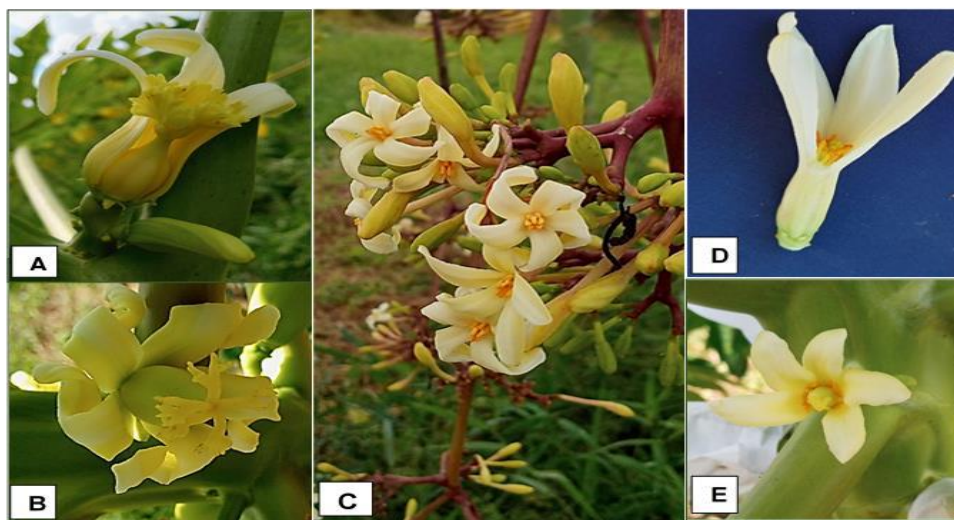
Segundo Fuentes & Santamaría (2014), cultivares comerciais de mamão foram selecionadas por suas altas taxas de germinação, enquanto espécies silvestres apresentam baixas taxas de germinação. As cultivares comerciais também sobressaem pela presença de plantas hermafroditas as quais produzem frutos que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

### 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. 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, já as plantas femininas são estáveis às anomalias florais. (Damasceno Jr., et al., 2009).

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).

**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, amarelo-pálidas 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 consequentemente 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 morfológicamente 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.

## **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). 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).

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.

Ferreira, et al. (2022), avaliando o florescimento do mamoeiro em 119 acesso do Banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, observaram que o florescimento entre os acessos avaliados sofre influência do meio ambiente, principalmente da pluviosidade ao longo das estações do ano, caracterizando um comportamento sazonal. O

inverno, mais precisamente nos meses de junho e julho, é a estação do ano em que a maioria dos acessos apresenta maior produção de flores.

### **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. (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. 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.

### **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 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 n°1’, ‘Tainung n°2’ e ‘Rubi’. (Luz, et al., 2015; Serrano & Cataneo, 2010). As variedades do grupo Solo apresentam polpa avermelhada, tamanho pequeno (300 a 650 g), já as variedades do grupo Formosa, apresentam polpa laranja-avermelhada, tamanho médio (1.000 a 1.300 g) (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*, 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 dos grupos heteróticos ‘Solo’ e ‘Formosa’ (da espécie *C. papaya* L.), constituídos por cultivares, cultivares obsoletas, linhagens e híbridos como o ‘Caliman01’ e o ‘Tainung’, bem como espécies dos gêneros *Jacaratia* e *Vasconcelea* (Nobre, et al., 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).

### **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 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 Dias, et al. (2011), o desenvolvimento de variedades de mamoeiro com características agrônômicas 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.

Uma equipe de melhoramento precisa ser multidisciplinar unindo esforços com estatística, fitopatologia, fitotecnia, citogenética, biologia molecular e fisiologia pós-colheita. Um dos programas de melhoramento de mamoeiro, realizado pela UENF em parceria com a empresa Caliman agrícola, iniciou seu programa com estudos em aspectos reprodutivos e os associados a gametogênese (Damasceno Jr., et al., 2009; Damasceno Jr., et al., 2015). Este programa de melhoramento desenvolveu cultivares através de seleção recorrente e retrocruzamento como desenvolvimento de híbridos explorando a heterose entre os grupos heteróticos Solo e Formosa (Pereira, et al., 2019). O programa de melhoramento do mamoeiro da Embrapa mandioca e fruticultura selecionou linhagens com características agrônômicas superiores entre elas a BRS L78 (Conceição, et al., 2021)

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).

## **4. Considerações Finais**

O mamoeiro é uma das culturas tropicais de grande importância econômica, com florescimento e rendimento no ano Intero. O florescimento do mamoeiro é altamente influenciado pelos fatores ambientais gerando anomalias afetando o rendimento das lavouras. Portanto, estudos fenológicos são fundamentais, pois permitem um melhor conhecimento e planejamento de práticas agrônômica para mitigar os efeitos negativos no rendimento. Ademais, auxiliam estratégias para a obtenção de híbridos pelos programas de desenvolvimento de cultivares da cultura.

## **Referências**

Almeida, F. T., Bernardo, S., Sousa, E. F., Marin, S. L. D. & Grippa, S. (2003). Growth And Yield Of Papaya Under Irrigation. *Scientia Agricola*, 60(3), 419-424. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000300001>



- Conceição, L. V., Nepomuceno, C. F., Guimarães, B. V. C. & Silva, S. O. (2021). Predição de produtividade do mamoeiro (*Carica Papaya* L.) por Redes Neurais Artificiais. *Research, Society and Development*, 10(12), e595101220692. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20692>
- Correia, A. M. R. & Mesquita, A. (2014.). Mestrados e Doutoramentos. *Vida Economica Editorial*, (2a ed.) 328 p
- Costa, A. F. S. (2015) Aspectos gerais do melhoramento do mamoeiro. *Incaper* (cap. 10). <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/862>
- Cotrut, R., Butcaru, A., Mihai C. & Stănică F. (2017). *Carica papaya* L. cultivated in greenhouse conditions. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 21(3), 130- 136. <http://www.journal-hfb.usab-tm.ro/>
- Badillo, V. M. & Leal, F. (2020). Taxonomia e Botânica das Caricaceae. *Horticultural Reviews*, 47(1), 289-323. <https://doi.org/10.1002/9781119625407.ch6>
- Damasceno Jr., P. C., Costa, F. R., Pereira, T. N. S., Neto, M. F. & Pereira, M. G. (2009). Karyotype determination in three Caricaceae species emphasizing the cultivated form (*C. papaya* L.). *Caryologia*, 62(1), 10-15. <https://doi.org/10.1080/00087114.2004.10589660>
- Damasceno Junior, P. C., Pereira, T. N. S., Silva, F. F. D., Reis, M. V. M. & Pereira, M. G. (2015). Diversidade genética em duas espécies de Caricáceas e suas relações genéticas com *Carica papaya* L. *Revista Ciência Agronômica*, 46(4), 733-739. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150060>
- Dantas, J. L. L. & Lima, J. F. (2001). Seleção e Recomendação de Variedades de Mamoeiro: Avaliação de Linhagens e Híbridos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3), 617-621. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300035>
- Dantas, J. L. L., Junghans, D. T. & Lima, J. F. (2013). Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. *Embrapa*, 1(2), 1-170. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/976856>
- Dias, N. L. P., Oliveira, E. J. & Dantas, J. L. L. (2011). Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agronômicos e estimação de parâmetros genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(11), 1471-1479. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100008>
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). Principais países produtores de papayas. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). Principais países exportadores de papayas. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>
- Ferreira, J. A. B., Souza, F. V. D., Moura, H. C da P, Souza, E. H de, Cortes, D. F. M., Conceição, J. Q. & Ledo, C. A. da S. (2022). Flowering map of papaya germplasm: Support for genetic breeding and conservation programs. *Scientia Horticulturae*. 293, 110699. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110699>.
- Fuentes, G. & Santamaría, J. M. (2014). 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*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7_1)
- Hofmeyr J. D. J. (1939). Sex reversal in *Carica papaya* L. *South African Journal of Science*, 36(12), 286–287. [https://hdl.handle.net/10520/AJA00382353\\_7503](https://hdl.handle.net/10520/AJA00382353_7503)
- Hofmeyr, J. D. J. (1941). Genetics of *Carica papaya* L. *Chronica Botanica*, 6(11), 245-247. In: Alonso, M., Farrés, E., Tornet, Y., Castro, J., Ramos, R. & Rodríguez, M. C. (2008). Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo Solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. *Cultrop*, 29(2), 59-64. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362008000200010&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200010&lng=es&nrm=iso)
- IBGE – PAM - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – Produção Agrícola Municipal. (2017). <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>
- Lima, R. C. A., Lima, J. A. A., Souza Jr., M. T., Pio-Ribeiro, G. & Andrade, G. P. (2001). Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, 26(4), 689–702. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000400001>
- Luz, L. N., Pereira, M. G., Barros, F. R., Barros, G. B. & Ferregueti, G. A. (2015). Novos Híbridos De Mamoeiro Avaliados Nas Condições De Cultivo Tradicional E No Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 159-171. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-069/14>
- Magdalena, P. M., Drew, R. A., Adkins, S. W. & Godwin, I. D. (1997). Morphological, molecular and cytological analyses of *Carica papaya* × *C. cauliflora* interspecific hybrids. *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 95(1-2), 224–229. <https://doi.org/10.1007/s001220050552>
- Marin, S. L. D. & Gomes, J. A. (1987). Sexagem do mamoeiro e sua aplicação no desbaste de plantas. (2 ed.), *Emcapa*, Circular Técnica 11, 20 p. <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/1505>
- Martelleto, L. A. P., Ribeiro, R. L. D., Sudo-Martelleto, M., Vasconcellos, M. A. S. & Pereira, M. B. (2011). Expressão da Esterilidade Feminina e da Carpeloidia em Mamoeiro sob Diferentes Ambientes de Cultivo Protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1185-1193. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400017>
- Ming, R., Yu, Q. & Moore, P. H. (2007). Sex determination in papaya. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 18(3), 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2006.11.013>
- 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. (2019). Quantification of floral abnormalities in a population generated from sexual polymorphism aiming at recurrent selection in papaya. *Bragantia*, 78(2), 158-165. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180197>
- Nobre, V. F., Silva, S. O. & Silva, M. S. (2021). Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 38(1), e26771. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1132683>
- Oliveira, E. J., Lima, D. S., Lucena, R. S., Motta, T. B. N & Dantas, J. L. L. (2010). Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(8), 855-862. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800011>
- Pádua, T. R. P. (2019). Plano estratégico para a cultura do mamoeiro: 2017-2021.1 – Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 32. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1108980>

- Pereira, M. G., Poltronieri, T. P. S., Pereira, T. N. S., Ramos, H. C. C., et al. (2019). Twenty Two-Year Papaya Breeding Program: From Breeding Strategy Establishment To Cultivar Development. *Functional Plant Breeding Journal*, 1(2), 9-27. <http://159.89.122.252/fpbj/index.php/fpbj/article/view/58>
- Ramos, N. F., Nascimento, A. K. Q., Gonçalves, M. F. B. & Lima, J. A. A. (2088). The presence of Papaya ringspot virus and Papaya lethal yellowing virus in commercialized papaya fruits. *Tropical Plant Pathology*, 33(6), 449-452. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000600008>
- Ramos, H. C. C., Pereira, M. G., Filho Silva, F., Viana, A. P. & Ferreguetti, G. A. (2011). Seasonal and genetic influences on sex expression in a backcrossed segregating papaya population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11, 97-105. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000200001>
- Resende, M. D. V. (2016). Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(4), 330-339. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>
- Reed, B. M., Sarasan, V., Kane, M., Bunn, E. & Pence, V. C. (2011). Biodiversity conservation and conservation biotechnology tools. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 47(1), 1-4. <https://doi.org/10.1007/s11627-010-9337-0>
- Ruggiero, C., Marin, S. L. D. & Durigan, J. F. (2011). Mamão, uma história de sucesso. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1), 76-82. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500011>
- R CORE TEAM. R: (2017) A Language and Environment for Statistical Computing Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Santos, K. F. T., Santos, M. L. G. T., Cella, D. & Spada, R. K. (2020) Fruticultura: estudo do comércio internacional do mamão. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 323-335. <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/499>
- Serrano, L. A. L. & Cataneo, L. F. (2011). O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(3), 657-959. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010000300001>
- Silva, E. P., Becker, F. S., Silva, F.A., Soares Júnior, M. S., Caliar, M., et al. (2015). Bebidas mistas de extratos de arroz com maracujá e mamão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 74(1), 49-56. <https://doi.org/10.53393/rial.2015.v74.33385>
- Souza, S. A. M., Martins, K. C., Azevedo, A. S. & Pereira, T. N. S. (2012). Fenologia reprodutiva do maracujazeiro-azedo no município de Campos dos Goytacazes, RJ. *Ciência Rural*, 42(10), 1774-1780. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012001000010>
- Storey, W. B. (1941). The botany and sex relationships of the papaya. In: Papaya production in the Hawaiian Islands. Jones, WW. et al. *Hawaii Agricultural Experiment Station*, 87, 5-22. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300639265>
- TRIDGE – Plataforma Global de Inteligência para a Agricultura (2022). Papaya: 2019-2020. <https://www.tridge.com/intelligences/papaya>
- 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. (2004). Phylogenetic analysis of the highland papayas (*Vasconcellea*) and allied genera (Caricaceae) using PCR-RFLP. *Theoretical and Applied Genetics*, 108(8), 1473-1486. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1575-7>