

CARACTERIZAÇÃO DA FENOLOGIA REPRODUTIVA E DA
VIABILIDADE GAMÉTICA ASSOCIADA AO TAMANHO DO BOTÃO
FLORAL EM GENÓTIPOS ELITE DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

HELLEN CRISTINA DA PAIXÃO MOURA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ
MARÇO – 2012

CARACTERIZAÇÃO DA FENOLOGIA REPRODUTIVA E DA
VIABILIDADE GAMÉTICA ASSOCIADA AO TAMANHO DO BOTÃO
FLORAL EM GENÓTIPOS ELITE DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

HELLEN CRISTINA DA PAIXÃO MOURA

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

Orientadora: Telma Nair Santana Pereira

Campos dos Goytacazes-RJ
Março – 2012

CARACTERIZAÇÃO DA FENOLOGIA REPRODUTIVA E DA
VIABILIDADE GAMÉTICA ASSOCIADA AO TAMANHO DO BOTÃO
FLORAL EM GENÓTIPOS ELITE DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)

HELLEN CRISTINA DA PAIXÃO MOURA

“Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em Genética e
Melhoramento de Plantas

Aprovada em: 30 de março de 2012

Comissão Examinadora:

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D, Melhoramento de Plantas) – UENF

Prof. Pedro Correa Damasceno Júnior (DSc. Genética e Melhoramento de
Plantas) - UFRRJ

Prof. Geraldo do Amaral Gravina (DSc. Produção Vegetal) - UENF

Prof^a. Telma Nair Santana Pereira (Ph. D, Melhoramento de Plantas) – UENF
(Orientadora)

Aos meus pais Claudionor Moura e Maria Benedita Moura e à minha irmã Cláudia Moura, por serem meu referencial de vida e pelo apoio incondicional, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao **Senhor Jesus Cristo**, a Ele, toda honra e toda glória;

À FAPERJ, pela concessão da bolsa sem a qual não seria possível a realização dessa conquista;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade;

À empresa Caliman Agrícola, pela doação de material genético para a realização da pesquisa;

À minha orientadora Telma Nair Santana Pereira, pela orientação, conselhos e paciência;

Ao professor Messias, pelas considerações feitas na realização deste trabalho, e a todos os Professores do Programa, pelos ensinamentos;

Aos meus pais Claudionor e Maria Benedita e à minha irmã Cláudia, por sempre acreditarem nos meus sonhos e me apoiarem em todas as situações;

Ao meu noivo José Itabirici e aos seus pais, pelo carinho e apoio;

À minha amiga Hérica, pela amizade de todos esses anos;

A todos os colegas da UENF, em especial, ao Raimundo Nonato, Sérgio Alessandro, Lyzia Freitas e Roberto Trindade;

Ao técnico agrícola Carlos do LFIT, pela ajuda na instalação do experimento no campo;

Ao secretário Daniel, por todo o apoio durante o mestrado;

A todos os que me ajudaram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspectos gerais da cultura	4
2.1.1. Origem e distribuição.....	4
2.1.2. Aspectos morfológicos da cultura.....	5
2.1.3. Aspectos florais e anomalias florais.....	5
2.2. Gametogênese e Biologia Reprodutiva.....	8
2.3. Melhoramento do mamoeiro.....	11
2.4. Fenologia e o Melhoramento	13
3. TRABALHOS	15
3.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FENOFASES REPRODUTIVAS EM TRÊS MATERIAIS GENÉTICOS DE MAMOEIRO	15
3.1.2. RESUMO.....	15
3.1.3. ABSTRACT.....	16
3.1.4. INTRODUÇÃO	17
3.1.5. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
3.1.7. CONCLUSÃO	28
3.1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA VIABILIDADE GAMÉTICA ASSOCIADA AO TAMANHO DO BOTÃO FLORAL EM GENÓTIPOS DE MAMOEIRO.....	33
3.2.1. RESUMO.....	33

3.2.2. ABSTRACT.....	34
3.2.3. INTRODUÇÃO	35
3.2.4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.2.4.1. Viabilidade do gameta masculino.....	37
3.2.4.2. Receptividade do estigma	38
3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.2.5.1. Viabilidade polínica.....	38
3.2.5.2. Receptividade do estigma	41
3.2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
4. RESUMO E CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

RESUMO

MOURA, Hellen Cristina da Paixão; M. Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; março 2012. Caracterização da fenologia reprodutiva e da viabilidade gamética associada ao tamanho do botão floral em genótipos elite de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Orientador: Profa. Telma Nair Santana Pereira; Conselheiros: Messias Gonzaga Pereira e Rosana Rodrigues.

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma espécie introduzida no Brasil onde se adaptou bem e se tornou uma das principais fruteiras do país. A espécie apresenta polimorfismo floral, tendo plantas com flores masculinas, femininas e hermafroditas. No Brasil, as cultivares são todas ginodioicas, segregando para plantas hermafroditas e femininas. Considerando que o melhoramento da cultura se baseia principalmente na hibridação intraespecífica, é importante ter conhecimento sobre a fenologia de materiais genéticos utilizados no melhoramento bem como conhecer a partir de que tamanho os gametas estão viáveis, prontos para a fertilização. Assim, esta dissertação teve o objetivo de gerar conhecimentos básicos em três genótipos elite de mamoeiro - Sunrise Solo 72/12, JS 12, e o híbrido UENF/CALIMAN 01 - visando a fornecer informações importantes para o melhoramento da cultura. A dissertação está organizada em dois trabalhos, sendo que o primeiro relata a caracterização da fenologia reprodutiva dos três genótipos acima mencionados. Para tal, foi conduzido um experimento em blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 16 plantas para cada genótipo, com a parcela constituída por quatro plantas/genótipo. Foram

registrados em cada planta os dados da floração, tendo sido acompanhados 6 botões florais por planta. Foi registrado, a partir do transplântio, o número de dias para a emissão do botão floral (EF), da emissão à antese (A), da antese ao início da frutificação (IF) e do início da frutificação até a maturação do fruto (MF). Foi também determinado o grau médio de dominância (GMD) das quatro fenofases. Observou-se, com base na análise de variância, que há diferença significativa para as quatro características avaliadas entre os genótipos estudados. O híbrido UENF/CALIMAN01 foi precoce em relação aos outros materiais estudados para as características emissão do botão floral, da emissão à antese e formação do fruto maduro, levando do transplântio até a emissão floral 59,98 dias, 38,18 para antese desde a emissão floral e 103,52 para a maturação do fruto desde o início da frutificação. A cultivar SS 72/12 foi a que apresentou o ciclo fenológico total mais longo, em relação aos outros materiais estudados, com média de 241,57 dias, seguida do genótipo JS 12, com 238,02, e do híbrido UENF/CALIMAN 01, com 211,01 dias. A ação gênica das características emissão floral, antese e maturação do fruto foi do tipo sobredominância, e para início da frutificação, foi do tipo dominância parcial com a média tendendo para o genitor JS12.

O outro trabalho teve o objetivo de estimar a viabilidade dos gametas em associação com o tamanho do botão floral. Para tal, primeiramente, foi definido, nos três genótipos, o tamanho do botão floral na antese e, a partir dessa definição, os botões florais foram coletados em tamanhos decrescentes até 1cm de comprimento. Foram utilizados 5 botões florais por tamanho para cada genótipo. A viabilidade do gameta masculino foi testada via solução tripla de Alexander e a receptividade do estigma foi verificada pelo uso da solução de alfa-naftil. Os resultados indicaram que JS 12, SS 72/12 e UENF/ CALIMAN 01 tiveram viabilidade polínica satisfatória em botões a partir de 4 cm, atingindo altos percentuais de viabilidade a 6 cm em UENF/CALIMAN 01, 5cm em SS 72/12 e 7 cm na linhagem JS 12. Abaixo de 4 cm, os botões apresentaram viabilidade muito baixa, com grãos de pólen com o citoplasma plasmolisado. Quanto à receptividade do estigma, os botões florais, em média, se mostraram receptivos a partir de 4 cm em UENF/CALIMAN 01, 4 cm em SS 72/12 e 5 cm na linhagem JS 12. Observou-se também que 'SS 72/12' e 'UENF/CALIMAN 01' apresentam antese em botões com tamanho de 5 cm e 6 cm, respectivamente, e a linhagem JS 12, com tamanho de 7cm. Considerando que os botões florais apresentam

alta viabilidade e estigma receptivo com tamanho inferior ao da antese, é possível que ocorra autopolinização em plantas hermafroditas de mamoeiro; assim, todo cuidado deve ser tomado em polinizações controladas quando a planta receptora de pólen usada for hermafrodita a fim de evitar a autopolinização, fazendo a emasculação quando os botões florais tiverem tamanho igual ou superior a 4 cm.

ABSTRACT

MOURA, Hellen Cristina da Paixão; M. Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; March 2012. Phenological reproductive characterization and the gamete viability associated to the flower bud size in three elite papaya genotypes (*Carica papaya* L.). Adviser: Telma Nair Santana Pereira; Committee members: Messias Gonzaga Pereira e Rosana Rodrigues.

Papaya (*Carica papaya* L.) is an introduced species in Brazil where it is well adapted and became an important fruit crop in the country. The species has flower polymorphism having plants with male, female and hermaphrodite flowers. In Brazil, the cultivars are all ginodioicious segregating to female and hermaphrodite plants. Considering that the papaya breeding is based primarily on intra-specific hybridization it is important to have knowledge about the phenology of materials used in the genetic improvement as well as knowing the gamete viability associated with the bud size. This dissertation aimed to generate basic knowledge in three elite genotypes of papaya (Sunrise Solo 72/12, JS 12, and hybrid UENF/CALIMAN 01) to provide important information for the crop improvements. The dissertation is organized in two papers being the first about the characterization of reproductive phenology of the three genotypes mentioned before. In order to do that, it was conducted an experiment in randomized blocks with four repetitions, totaling 16 plants for each genotype being the plot constituted of four plants / genotype. In each plant was registered the phenology of six flower buds, totalizing 96 flower buds per genotype. It was recorded from the transplant

day, the number of days to flower bud emission (EF), the flower bud emission to anthesis (A), from anthesis to the initiation of fruitfulness (IF) and from initiation of fruitfulness until the fruit maturity (FM) stage 1. Another objective was to estimate the average degree of dominance (ADD) of the four phenophases. It was observed that there are significant differences, by analysis of variance, for the four characteristics evaluated among genotypes. The hybrid UENF/CALIMAN01 was precocious compare to the other genotypes taking, on average, 59.98 days for EF, 38.18 days for A, and 103.52 for FM. The cultivar SS 72/12 was the one with the longest cycle in relation to the other materials studied with an average of 241.57 days, followed by the genotype JS 12 with 238.02 and by the hybrid UENF/CALIMAN 01 with 211.01 days. The gene action for EF, A, and MF was the over dominance type and IF was partially dominant type with the average tending to the parent JS12. The second paper objective was to investigate the gametic viability associated with different sizes of buds in the cultivar Sunrise Solo 72/12 (SS 72/12), in the hybrid UENF / CALIMAN 01, and in the inbreed JS 12.. The male gamete viability was estimated by the percentage of pollen viability and the female gamete was estimated by stigma receptivity. To do that, first, it was determined the flower size at anthesis for each genetic material and after that it was collected flower buds in decreasing sizes up to 1cm long. It was used five flower buds per size for each genotype. The viability of the male gamete was tested by using Alexander's triple solution and the stigma receptivity was estimated by using an alpha-naphthyl. The results showed that JS 12, SS 72/12 and UENF/CALIMAN 01 had good pollen viability in flower bud longer than 4 cm, reaching a the highest pollen viability at 6 cm in UENF/CALIMAN 01, 5 cm in SS 72/12 and at 7 cm in the JS 12. Bellow 4 cm the flower buds had very low pollen viability showing pollen with cytoplasm plasmolised. For the stigma receptivity, the flower buds, on average, were receptive at 4 cm for UENF/CALIMAN 01, 4 cm for SS 72/12 and 5 cm for JS 12. It was also conclude that 'SS 72/12' and 'UENF / 01 CALIMAN' present anthesis in flower buds with 5 cm and 6cm, reaching in size and JS 12 with 7 cm in size. Considering that the flower buds have high pollen viability and receptive stigma at small sizes, it is possible that self-pollination may occur in hermaphrodite papaya plants; so, all care must be done if hermaphrodite plants will be used as female genitor in order to avoid contamination by

selfpollination, performing the emasculation when the flower buds have a size equal to or greater than 4 cm.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*C. papaya* L.) é uma espécie importante para a balança comercial do Brasil, pois o país responde por grande parte do mercado produtor de frutas, sendo o segundo exportador dessa espécie (FAO, 2009).

No Brasil, até início dos anos 70, predominavam no Brasil os cultivos de mamoeiros dioicos ou comuns, e São Paulo se destacava como principal produtor; porém, a partir da ocorrência do vírus do mosaico nesse Estado, a cultura migrou para outros Estados do país como o Estado do Espírito Santo e a região sul da Bahia. A partir de 1976/77, o Estado de São Paulo retomou sua importância econômica, principalmente pela introdução de cultivares do Grupo Solo e de híbridos do Grupo Formosa (Marin & Ruggiero, 1988). De acordo com Marin *et al.* (1994), a introdução de cultivares do Grupo Solo provocou uma significativa expansão da cultura pela sua grande aceitação tanto no mercado interno quanto para exportação. Apesar de ser plantado em quase todo o Brasil, a Bahia é o maior produtor de mamão, respondendo por quase 50% (891,2 mil t) da produção, seguida pelo Espírito Santo (31%), Ceará (5,9%) e Rio Grande do Norte (5,8%) (IBGE, 2011).

A cultura do mamoeiro sustenta-se em uma base genética estreita, considerando que é reduzido o número de cultivares utilizadas nas principais regiões produtoras. As cultivares mais exploradas são classificadas em dois grupos, conforme, principalmente, o tipo de fruto: Grupo Solo e Grupo Formosa. As cultivares do Grupo Solo são linhagens puras, isto é geneticamente uniformes,

cuja fixação de caracteres se deveu a sucessivas gerações de autofecundação, apresentam frutos de tamanho pequeno, variando de 350g a 550g, sendo comercializados tanto no mercado interno quanto externo; por outro lado, as cultivares do Grupo Formosa apresentam frutos grandes com tamanho variando de 800g a 1.300g, geralmente mais comercializados no mercado interno (Dantas, 2000; Ferregueti, 2003; Costa & Pacova, 2003). Apesar de o grupo Formosa ter maior comercialização no mercado interno, existem algumas estratégias de produção para este tipo de mamão visando à exportação deste material, como, por exemplo, o sistema approach (Martins, 2003). Segundo este autor, as exportações de frutos do grupo Formosa são recentes e têm sido realizadas em pequenas quantidades para o mercado europeu e para o Canadá. O grupo Solo, no qual se encontra a maioria das cultivares utilizadas no mundo, apresenta no Brasil um domínio quase que absoluto de duas cultivares: Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo Line 72/12 (Ferregueti, 2003).

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem conduzindo um programa de melhoramento genético para a cultura desde 1995, quando houve a aquisição dos primeiros materiais genéticos (germoplasma) para serem a base do melhoramento da cultura. Em 2002, foram registrados nove híbridos desenvolvidos pela UENF, tendo se destacado, pelas características sabor, grau brix e teor de sólidos solúveis, o UENF/CALIMAN 01, híbrido obtido pelo cruzamento entre um progenitor do grupo Formosa e um progenitor do grupo Solo. Este híbrido apresenta características fenotípicas do grupo Formosa, produzindo frutos alongados nas plantas hermafroditas, com peso médio de 1,25 kg, polpa firme e vermelha, alto teor de sólidos solúveis e sabor e aroma bastante agradáveis (Pereira, 2003).

O melhoramento genético da cultura é desenvolvido principalmente com base na hibridação intraespecífica entre os grupos heteróticos Solo e Formosa, ou dentro de cada um destes grupos. A maioria do germoplasma utilizado no Brasil foi introduzida e ainda não se conhece a fenologia dos materiais genéticos com especial ênfase na fase de iniciação floral e tempo de frutificação. A fenologia visa a caracterizar a duração das fases do desenvolvimento de uma determinada espécie em relação ao ambiente, e o conhecimento dos padrões fenológicos é considerado importante para a compreensão da biologia reprodutiva

da espécie, sendo a base para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético (Maués & Couturier 2002).

Assim, esta dissertação, cujo objetivo geral é gerar conhecimentos básicos sobre aspectos reprodutivos na cultura do mamoeiro, está organizada na forma de dois artigos: o primeiro trata da caracterização das fenofases reprodutivas das cultivares Sunrise Solo 72/12, do híbrido UENF/CALIMAN 01 e da linhagem JS 12, e o segundo se refere ao estudo da viabilidade polínica e receptividade do estigma associada ao tamanho do botão floral nos três materiais genéticos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura

2. 1.1. Origem e distribuição

Segundo Badillo (1993), o mamoeiro é originário do Sul do México e Norte da América Central, onde se encontra na forma dioica. A maioria dos membros do gênero *Vasconcellea* ocorre ao longo da Cordilheira dos Andes, desde o sul da Bolívia e Peru até a Venezuela, em uma área que forma o centro primário de diversidade do gênero (Aradhya *et al.*, 1999). As variedades *Vasconcellea Microcarpa* e *Vasconcellea pubescens* são encontradas nesta região até o norte do Panamá, e a variedade *Vasconcellea cauliflora* pode ser encontrada desde o norte ao sul do México (Badillo, 1971).

Apesar de ser nativa do sudeste do México, nas proximidades da América Central, atualmente a espécie *Carica papaya* é encontrada em países tropicais e subtropicais. A história de dispersão do mamoeiro se inicia aproximadamente no ano de 1500 quando os conquistadores espanhóis levaram sementes para o Panamá e República Dominicana. Durante o século seguinte, viajantes espanhóis e portugueses levaram sementes da espécie para as Filipinas, Malásia e Índia. O mamoeiro foi descrito pela primeira vez em 1526 pelo espanhol Oviedo, que viu o fruto na costa do Panamá e Colômbia. A espécie se propagou rapidamente nos trópicos principalmente por encontrar solos propícios e precipitação

pluviométrica abundante. Nos anos de 1600, o fruto já era produzido na América Central e do Sul, no Sudeste do México, Antilhas, Bahamas, Bermudas, Flórida, posteriormente, em Nápoles, na Itália. A cultura do mamoeiro chegou ao Havaí entre 1800 e 1820. A variedade Solo tem sido cultivada no Havaí desde 1911, provavelmente trazida de Barbados e Jamaica (FAO, 2004).

2.1.2. Aspectos morfológicos da cultura

O mamoeiro pertence à classe Eudicotyledonae, subclasse Archichlamidae, ordem Violales, subordem Caricinae, família Caricaceae, gênero *Carica*. A família Caricaceae é composta de 6 gêneros: *Vasconcellea*, considerado o maior deles, composto por 20 espécies; *Jacaratia*, composto por 7 espécies; *Jarilla*, composto por 3 espécies; *Cylicomorpha* com 2 espécies; e *Horovitzia* e *Carica* com uma espécie cada. O gênero *Cylicomorpha* é nativo da África equatorial, os gêneros *Carica* e *Jacaratia* são amplamente distribuídos no continente americano, e os gêneros *Horovitzia* e *Jarilla* são restritos à América Central (Badillo, 1971, 2000 e 2001).

O fruto do mamoeiro é uma baga de forma variável de acordo com o tipo de flor, podendo ser arredondado, oblongo, alongado, cilíndrico e piriforme. A casca é fina e lisa, de coloração amarelo-clara a alaranjada, protegendo uma polpa de 2,5 a 5,0 cm de espessura e de coloração, que pode variar de amarela, rosada a alaranjada. Pode atingir 50 cm de comprimento e pesar até um quilo. As sementes são pequenas, arredondadas, rugosas e recobertas por uma camada mucilagínosa, apresentando coloração de acordo com a variedade (Dantas *et al.*, 2002).

2.1.3. Aspectos florais e anomalias florais

O mamoeiro pode apresentar flores femininas, masculinas e hermafroditas, sendo que as masculinas apresentam dez estames diadelfos e ovário rudimentar ou ausente. As flores femininas apresentam ovário grande (em relação à flor hermafrodita) e arredondado, que se afunila para o ápice, onde se inserem cinco estigmas em forma de leque, e a flor hermafrodita apresenta ovário, geralmente alongado, cinco estigmas em forma de leque no ápice e dez estames funcionais, cinco superiores e cinco inferiores, com anteras de cor amarela (Horovitz *et al.*,

1953). A flor hermafrodita produz fruto com formato alongado ou piriforme-alongado. Devido a esse polimorfismo floral, a espécie é considerada trioica, ou seja, pode apresentar plantas masculinas, femininas e hermafroditas (Ming *et al.*, 2007). As variedades comerciais do mamoeiro, ou são dioicas, apresentando plantas femininas e masculinas, ou são ginodioicas, apresentando plantas femininas e hermafroditas (Qigyi *et al.*, 2008).

O mamoeiro é uma cultura influenciada pela temperatura: temperaturas altas ou baixas podem ocasionar algumas alterações nas flores de mamão. Essas alterações são chamadas de anomalias, destacando-se, entre elas, a carpeloidia, a pentandria e a esterilidade de verão.

A carpeloidia é um tipo de 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, conhecidos como “cara de gato”, impróprios para a comercialização (Couto e Nacif, 1999). De acordo com Awada e Ikeda (1957), citados por Nakasone (1980), condições de alta umidade no solo, baixas temperaturas e excesso de nitrogênio no solo favorecem a produção de frutos carpeloides, sendo a temperatura o principal fator.

Na flor hermafrodita pentândrica, as pétalas são soldadas e inseridas na base do ovário, os estames ocorrem em número de 5 em vez de 10 conforme observado na flor hermafrodita típica ou alongada, daí a denominação pentândrica. Os frutos formados são arredondados, com cinco sulcos longitudinais profundos, caracterizando-os de modo inconfundível (Couto e Nacif, 1999).

A flor hermafrodita estéril de verão é encontrada em plantas hermafroditas durante os meses quentes do ano, daí ser conhecida como esterilidade de verão.

Esta anomalia floral é caracterizada pelo pistilo atrofiado, tornando-se não funcional, sendo a flor, neste caso, considerada essencialmente masculina e funcional, ou seja, ocorre a reversão do sexo da forma hermafrodita para a masculina. Por esse motivo, ela não produz frutos, tornando-se, assim, indesejável. Arkle Júnior e Nakasone (1984) constataram que o início da esterilidade ocorre durante a fase de diferenciação do ovário, geralmente seis a sete semanas antes da abertura das flores. O aborto do ovário é observado cerca

de cinco semanas antes da antese, portanto, durante a fase de completo desenvolvimento dos estames, uma semana antes do desenvolvimento completo do ovário.

2.1.4. Genética do sexo em mamoeiro

A expressão sexual nas plantas está sob controle genético, sendo um caráter de herança monogênica com três formas alélicas (m , M_1 , e M_2). Em seu estudo sobre a herança do sexo, Holfmeyr (1938) concluiu que as plantas femininas são geneticamente homozigotas para o alelo m e as plantas masculinas e hermafroditas são heterozigotas para os alelos M_1 e M_2 , respectivamente. O genótipo das plantas femininas é mm , das plantas masculinas M_1m e das hermafroditas M_2m . Storey (1938) chegou a essa mesma teoria de um gene e três alelos, sendo o genótipo da planta feminina simbolizado por m , o da masculina por Mm e o da hermafrodita por M^1m . As combinações M_1M_1 , M_2M_2 , e M_1M_2 são letais, pois os alelos M_1 e M_2 representam regiões inativas onde genes vitais foram deletados; daí as combinações homozigotas não serem viáveis (Holfmeyr, 1939).

Chan-Tai *et al.* (2003) reportaram a existência de uma mutação encontrada em uma progênie autofecundada de 'Sunrise' cujas sementes estavam armazenadas por cinco anos a 10 °C e 50 % de umidade relativa. Essa mutação hermafrodita de mamoeiro simbolizada por SR^* quando autofecundada resultou em progênies 100% hermafroditas. De acordo com os autores, o genótipo da planta feminina foi letal como resultado da ligação de um gene letal (l) ao gene responsável pelo genótipo feminino m . Progênie segregando três plantas hermafroditas para uma planta feminina foi obtida após cruzamento desse mutante (SR^*) com a cultivar Tailândia, indicando sobrevivência de todos os genótipos. Autofecundações de plantas tomadas ao acaso dessa combinação (Tailândia x SR^*) confirmaram que o mutante SR^* tem uma forma alélica diferente do tradicional M_2 , designada pelos autores como $M_@$, que permitiu a sobrevivência do genótipo $M_@M_2$ em combinações híbridas. Estudos genéticos confirmaram que o mutante SR^* tem o genótipo $M_@ml$ e que gera progênies 100% hermafroditas. Esse material genético produz frutos com peso médio de 520g com sabor similar ao do Sunrise.

Com esta teoria, pode-se supor que em um cruzamento entre o genótipo $M @ M_2$ (hermafrodita mutante) com o genótipo mm (planta feminina) o resultado seria progênies 100% hermafroditas. As plantas hermafroditas possuem frutos mais adequados para a comercialização por causa da maior espessura da polpa (Martins et al., 2003).

Outra teoria referente à determinação do sexo tem sido apresentada com base em pesquisas utilizando técnicas de biologia molecular. Essa teoria sugere que a determinação do sexo nas plantas de mamoeiro é devida a um cromossomo sexual Y^h em plantas hermafroditas e Y^m em plantas masculinas. Esse cromossomo Y apresenta uma região com baixa recombinação; entretanto, este polimorfismo nos cromossomos só foi definido a nível molecular (Ming et al., 2008). Citologicamente, não há como diferenciar os cromossomos considerando que o cariótipo do mamoeiro é constituído por cromossomos similares em tamanho e posição de centrômero (Costa et al., 2008; Damasceno Júnior et al., 2009a).

2.2. Gametogênese e Biologia Reprodutiva

A formação de gametas, a gametogênese, ocorre em células especiais que, após sofrerem divisão celular, meiose e mitose, dão origem aos grãos de pólen (gameta masculino) e ao saco embrionário (gameta feminino). A formação de gametas obedece a uma sequência de eventos e qualquer anormalidade pode resultar em gametas estéreis (Horner e Palmer, 1995).

A formação do gameta feminino segue o padrão comum nas Angiospermas, do tipo *Polygonum* (Gaburro, 2007; Maheswari, 1950). Neste tipo, o gametófito funcional é próximo à calaza, já que os três restantes degeneram. Após a degeneração dos três núcleos, o gametófito funcional passa por três divisões mitóticas sucessivas, gerando no final uma célula com oito núcleos ou sete células, o saco embrionário (Gaburro, 2007; Reiser e Fischer, 1993), composto pelo aparato do ovo, núcleos polares e antípodas.

O aparato do ovo é formado pela oosfera e duas sinérgides, arranjadas uma configuração triangular. Sua diferenciação ocorre na região final próximo da micrópila. Em contato com o saco embrionário, fica a oosfera, que partilha as faces de sua parede com as sinérgides, considerando que as paredes das células

que formam o aparato do ovo são mais espessas quando próximas à base, afinando quando em direção ao ápice (Kapil e Bhatnagar, 1981). As sinérgides são estruturas efêmeras, que degeneram logo após a fertilização, ou até mesmo antes disso, ocasionando redução do período de viabilidade do saco embrionário. Sua aparência é triangular e exibem, na maioria das vezes, um aparato piriforme (Reiser e Fischer, 1993).

Segundo Maheswari (1950), a degeneração das sinérgides acontece logo após a fertilização, ou até mesmo antes desse processo. Na maioria das plantas, uma das sinérgides se degenera antes mesmo da chegada do grão de pólen, ocasionando o colapso dos vacúolos e a liberação de cálcio (Kapil e Bhatnagar, 1981). A função das sinérgides está relacionada com absorção, síntese, entrada e efusão do tubo polínico, acarretando a disseminação das células espermáticas dentro da célula ovo e da célula central, além do transporte de nutrientes, pois com o aumento da área de superfície da membrana plasmática, aumenta-se assim a mobilidade de soluto por meio da membrana (Maheswari, 1950; Kapil e Bhatnagar, 1981; Cameron e Prakash, 1994).

A fusão dos dois núcleos polares pode ocorrer antes, durante, ou, às vezes, depois da chegada do tubo polínico no saco embrionário (Cameron e Prakash, 1994). Após a fusão, forma-se o núcleo secundário, agora diploide, cuja localização pode variar, podendo localizar-se próximo da oosfera, ficando separado das células antipodais por um grande vacúolo, ou podendo localizar-se próximo ao centro da célula (Maheswari, 1950). As antípodas, geralmente em número de três, ficam do lado oposto à oosfera, podendo variar de tamanho e número (Reiser e Fischer, 1993).

A formação do gameta masculino ocorre no saco polínico durante o desenvolvimento da antera e apresenta duas fases: a microesporogênese e a microgametogênese. Na microesporogênese, as células esporogênicas primárias se diferenciam até alcançarem o estágio de células mãe do micrósporo (CMM). Cada CMM sofre meiose gerando, assim, quatro núcleos haploides denominados micrósporos (Maheswari, 1950; Santos, 2004).

Cada micrósporo apresenta citoplasma denso e um núcleo centralizado. Posteriormente, com a formação de um grande vacúolo, o núcleo é deslocado para a extremidade da célula, que aumenta de volume, e sofre uma mitose, originando dois núcleos: um vegetativo e outro reprodutivo ou generativo (Santos,

2004). O núcleo generativo passa por uma mitose e gera os dois núcleos espermáticos que irão participar da dupla fertilização por ocasião da polinização. Santos *et al.* (2008), trabalhando com a formação do gameta masculino em mamoeiro, descrevem dez estádios, indo desde a célula mãe de micrósporos até o grão de pólen maduro, tendo concluído que o grão de pólen é binucleado ou bicelular, não observando nenhuma anormalidade durante o processo de formação do gameta masculino. Estudos mostram que a formação do grão de pólen em mamoeiro é normal (Santos *et al.*, 2008), e o resultado é sempre alta viabilidade polínica (Damasceno Júnior *et al.*, 2009b).

O processo de polinização inicia-se com o amadurecimento e a exposição do grão de pólen, que por sua vez é exposto a condições ambientais adversas e tem que atingir, durante sua vida, o estigma receptivo (Dafni, 1992). Ainda segundo a autora, a avaliação da viabilidade do grão de pólen é o primeiro passo no entendimento das chances que ele tem de germinar no estigma da flor, sendo um estágio crucial rumo à fertilização. De acordo com Damasceno Júnior *et al.* (2009b), os grãos de pólen do mamoeiro já estão viáveis antes da antese, apresentam alta viabilidade no dia da antese floral e permanecem viáveis durante 3 meses quando conservados em *freezer*, e, dependendo do material genético, eles podem se manter com uma alta viabilidade durante 6 meses. Entretanto, Gaburro (2007) observou que os grãos de pólen de mamoeiro apresentam viabilidade polínica alta no verão comparada com o inverno.

Como 1.000 sementes ou mais podem ser produzidas em um único fruto, um número bem maior de grãos de pólen deve ser depositado no estigma, enquanto ele está receptivo. Frutos com menos de 300 sementes geralmente não são comerciáveis, e quanto mais sementes contêm, maiores são em tamanho (Allan, 1963). Segundo Allan (1969), frutos maduros colhidos na primavera, verão e outono mostraram coeficientes de correlação altamente significativos de até 0,879 entre peso do fruto e peso ou número de sementes normais por fruto.

Segundo Galen *et al.* (1987), a receptividade do estigma é um estágio muito importante da maturação da flor, que pode influenciar grandemente a taxa de polinização. O tempo de receptividade do estigma pode variar de poucas horas a 10 dias. A idade da flor, o horário do dia e a presença ou a ausência de exsudato no estigma são fatores que podem influenciar a receptividade do estigma. A receptividade do estigma pode ser determinada por mudanças morfológicas, como,

por exemplo, presença de exsudatos e mudança de coloração no estigma e por testes para verificação de enzimas ativas, como a peroxidase e a esterase. Entretanto, a avaliação da germinação dos grãos de pólen, do crescimento do tubo polínico e da presença de sementes após polinização em diferentes horários do dia, relativos à abertura da flor, ainda é o método mais confiável de avaliação da receptividade (Dafni, 1992).

Alguns fatores podem influenciar a receptividade do estigma e a germinação dos grãos de pólen. A baixa umidade relativa do ar constitui uma desvantagem porque promove a dessecação da superfície do estigma e, em consequência, sua baixa receptividade, acompanhada de colapso do estilete antes mesmo de o tubo polínico alcançar o ovário, impedindo, assim, o vingamento da semente (Layne, 1983).

Parés *et al.* (2002) e Rodríguez *et al.* (1990) relataram que o estigma do mamoeiro está receptivo antes da abertura dos botões florais. Couto e Nacif (1999) relatam que, no caso do mamoeiro, o estigma da flor feminina, ou pistilada, e o estigma da flor hermafrodita, ou bissexual, são receptivos antes e depois da antese, porém, maior receptividade é verificada logo após a antese. Damasceno Júnior *et al.* (2009b) observaram que os estigmas de flores hermafroditas estão receptivos antes e depois da antese, permanecendo assim durante 2 dias após a abertura floral.

Freitas (2010), em estudo entre a associação dos tamanhos dos botões florais e a formação dos grãos de pólen, observou que botões florais de tamanho que variaram de 2mm a 4mm (Golden e Cariflora) e 2mm a 5mm (UENF/CALIMAN01) não apresentaram células em divisão meiótica. Botões florais com 5mm e 6mm (Golden e Cariflora) e de 6mm e 7mm (UENF/CALIMAN01) apresentaram células em diferentes fases da meiose, já o estágio pós-meiótico foi observado em botões com tamanho de 7mm a 9mm (Golden e Cariflora) e 8mm a 10mm (UENF/CALIMAN01).

Gaburro (2007), trabalhando com mamoeiro, observou que as variedades Golden e Tainung apresentaram alta viabilidade polínica no verão em relação ao inverno. No mesmo trabalho, foi observada baixa viabilidade do saco embrionário nos materiais estudados.

2.3. Melhoramento do mamoeiro

O mamoeiro é uma planta diploide com $2n=2x=18$ cromossomos, podendo ser considerada preferencialmente autógama com cleistogamia, podendo apresentar uma taxa de alogamia (Damasceno Júnior *et al.*, 2009a).

Os programas de melhoramento no Brasil objetivam desenvolver cultivares resistentes a doenças, com ausência ou ocorrência mínima de anomalias florais, como carpeloidia, pentandria e esterilidade de verão, frutificação precoce, abundante e com início em altura inferior a 90 cm, peso médio de fruto do grupo formosa de 800 a 1.100 g e do grupo solo de 350 a 600 g, casca lisa e sem manchas, polpa vermelho-alaranjada, cavidade ovariana pequena e em formato estrela, polpa com espessura superior a 20 mm, sólidos solúveis acima de 14° Brix e maior longevidade pós-colheita (Dantas *et al.*, 2002).

O melhoramento genético do mamoeiro se dá dentro da espécie, ou seja, intraespecífico, explorando a variabilidade entre genótipos de um mesmo Grupo ou entre Grupos. O número de cultivares utilizada no Brasil é bastante reduzido, sendo as cultivares mais exploradas classificadas em dois grupos, conforme o tipo de fruto: Grupo Solo e Grupo Formosa (Ferregueti, 2003).

As cultivares do Grupo Solo são linhagens puras (Ferregueti, 2003), isto é, são geneticamente uniformes, cuja fixação se deveu a sucessivas gerações de autofecundação. No Brasil, há domínio quase que absoluto de duas cultivares do tipo Solo: Sunrise Solo e Improved Sunrise Solo 72/12 (Ferregueti, 2003).

Sunrise Solo é uma cultivar introduzida do Havaí, conhecida no Brasil como mamão Havaí ou Papaya. O fruto proveniente de planta feminina apresenta forma ovalada e o proveniente de planta hermafrodita, forma piriforme, com peso médio de 500g. Possui casca lisa e firme, polpa vermelho-alaranjada de boa qualidade e cavidade interna estrelada. O início da produção ocorre nove a dez meses após o plantio, produzindo 45t/ha/ano (Dantas *et al.*, 2002). 'Improved Sunrise Solo Line 72/12' também foi introduzida do Havaí em 1982 e melhorada pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Emcaper). Apresenta as mesmas características de formato e cor de fruto da cultivar 'Sunrise Solo', porém seu fruto pesa em média 405g. Apresenta boa resistência ao transporte e maior resistência ao armazenamento em relação ao 'Sunrise Solo'. O início da produção ocorre a partir do oitavo mês após o plantio, com uma produtividade média de 40 t/ha/ano (Dantas *et al.*, 2002).

O grupo Formosa está representado no Brasil pelo híbrido 'Tainung 01', que é um material altamente produtivo introduzido no Brasil de Taiwan e resultou do cruzamento de uma seleção de mamão da Costa Rica, de polpa vermelha, com o 'Sunrise Solo' (Martins et al., 2003). O fruto oriundo de planta feminina é redondo-alongado e o oriundo de planta hermafrodita é comprido, com peso médio de 900 a 1.100g. Apresenta casca de coloração verde-clara e polpa laranja avermelhada de ótimo sabor e boa resistência ao transporte. O início da produção ocorre nove a dez meses após o plantio, produzindo em média 60 t/ha/ano (Dantas et al., 2002).

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em 1996 iniciou um programa de melhoramento genético para o mamoeiro em colaboração com a Empresa CALIMAN Agrícola. Desse trabalho, foram registrados nove híbridos, tendo o UENF/CALIMAN 01 sido lançado em 2003, como o primeiro híbrido nacional. Esse híbrido foi obtido do cruzamento envolvendo linhagens do tipo Solo e do tipo Formosa. Seus frutos são de polpa avermelhada, com peso médio de aproximadamente 1.200 g por fruto, diâmetro do fruto de 9,9 cm, comprimento de 21,5 cm, diâmetro da cavidade ovariana de 5 cm, relação comprimento/diâmetro de 2,2 cm. As sementes são de brilho intermediário, formato ovoide com pouca mucilagem, 10g por 100 sementes frescas (Pereira et al., 2003 e Ferregueti, 2003).

2.4. Fenologia e o Melhoramento

A fenologia é o ramo da biologia que estuda a ocorrência dos fenômenos biológicos repetitivos dos seres vivos e sua relação com as condições do ambiente biótico e abiótico (Morellato, 1987). O conhecimento das fenofases de florescimento e frutificação auxilia os planos de manejo para a produção de sementes e híbridos (Jardim e Kageyama, 1994). A caracterização fenológica por meio de estádios das fenofases (vegetativa e reprodutiva) permite maior detalhamento da descrição do ciclo da planta, auxiliando na previsão de coleta de sementes para produção de mudas e nos programas de conservação e melhoramento de espécies (Rego et al., 2006).

Para o melhoramento, o conhecimento das fenofases permite 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 (Silva *et al.*, 2006). A fenologia varia em função do genótipo e das condições climáticas de cada região produtora ou em uma mesma região pelas variações estacionais do clima ao longo do tempo (Leão e Silva, 2003).

Embora os estudos fenológicos sejam de grande importância, trabalhos com este enfoque em mamoeiro ainda são escassos no Brasil, e os poucos estudos sobre as fenofases reprodutivas na cultura realizados em outros países relatam diferenças entre genótipos cultivados. Mekako & Nakasome (1975) observaram, no Havaí, que o tempo transcorrido entre a emissão do botão floral e a antese foi de 45 dias para flores masculinas, de 47 dias para flores femininas e de 49 dias para flores hermafroditas. Por outro lado, Sharma & Bajpai (1969), trabalhando na Índia com as cultivares Coorg e Honey Dew, observaram que o período entre a emissão do botão floral e a antese foi de 80 dias em todos os tipos sexuais. A cultivar Sunrise Solo nas condições do Hawaii levou em torno de 10 semanas desde a emissão do botão floral até a antese (Sippel *et al.*, 1989; Arkle Jr. & Nakasone, 1984). A cultivar *Cartagena Amarilla*, cultivada na Venezuela, levou em média 34,9 dias em plantas femininas, 33 dias em plantas hermafroditas e 30,2 dias em plantas masculinas (Parés *et al.*, 2002).

No Brasil, há poucos estudos de caracterização da fenologia dos materiais cultivados. Berilli *et al.* (2007), avaliando a taxa de crescimento de frutos no híbrido UENF/CALIMAN 01, observaram, nas condições de Linhares – ES, que o híbrido leva de 112-154 dias da antese à colheita .

Esses dados são relevantes, pois é necessário conhecer a fenologia reprodutiva do mamoeiro, visto que esta cultura foi introduzida no Brasil onde a condição climática é diferente do seu centro de origem, sendo de grande importância para o melhoramento da cultura a avaliação da fenologia dessa espécie no Brasil.

3. TRABALHOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DAS FENOFASES REPRODUTIVAS EM TRÊS MATERIAIS GENÉTICOS DE MAMOEIRO

3.1.2. RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de caracterizar a fenologia reprodutiva da cultivar Sunrise Solo 72/12 (Grupo Solo), do híbrido UENF/CALIMAN01 e da linhagem JS 12 (Grupo Formosa). O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 16 plantas para cada genótipo, e a parcela consistiu de quatro plantas/genótipo. Em cada planta, foi acompanhada a fenologia de 06 botões, totalizando 96 botões por material genético. Foi registrado, a partir do transplântio, o número de dias para a emissão do botão floral (EF), da emissão à antese (A), da antese ao início da frutificação (IF) e do início da frutificação até a maturação do fruto (MF). Outro objetivo foi estimar o grau médio de dominância (GMD) das quatro características fenológicas. Pela análise de variância dos dados, observou-se diferença significativa para as quatro características avaliadas entre os genótipos estudados. O híbrido UENF/CALIMAN01 foi precoce em relação aos outros materiais estudados para as características emissão do botão floral, da emissão à antese e formação do fruto maduro, levando 59,98 dias para

a emissão floral, 38,18 para a antese desde a emissão floral e 103,52 para a maturação do fruto desde o início da frutificação. A cultivar SS 72/12 foi a que apresentou o ciclo mais longo em relação aos outros materiais estudados, com média de 241,57 dias, seguida do genótipo JS 12, com 238,02, e do híbrido UENF/CALIMAN 01, com 211,01 dias. A ação gênica das características emissão floral, antese e maturação do fruto foi do tipo sobredominância e para início da frutificação foi do tipo dominância parcial, com a média tendendo para o genitor JS12.

3.1.3. ABSTRACT

This study had the objectives to characterize the reproductive phenology of the cultivar Sunrise Solo 72/12 (Solo Group), the hybrid UENF/CALIMAN01 and inbreed JS 12 (Formosa Group). The experiment was conducted in randomized blocks with four repetitions, totaling 16 plants for each genotype; the plot consisted of four plants / genotype. In each plant was registered the phenology of six flower buds, totalizing 96 flower buds per genotype. It was recorded from the transplant day, the number of days to flower bud emission (EF), the flower bud emission to anthesis (A), from anthesis to the initiation of fruitfulness (IF) and from initiation of fruitfulness until the fruit maturity (FM) stage 1. Another objective was to estimate the average degree of dominance (ADD) of the four phenological characteristics. The analysis of variance showed that there are significant differences for the four characteristics evaluated among genotypes. The hybrid UENF/CALIMAN01 was precocious compare to the other genotypes taking, on average, 59,98 days for EF, 38,18 days for A, and 103,52 for FM. The cultivar SS 72/12 was the one with the longest cycle in relation to the other materials studied with an average of 241.57 days, followed by the genotype JS 12 with 238,02 and by the hybrid UENF/CALIMAN 01 with 211,01 days. The gene action for EF, A, and MF was the over dominance type and IF was partially dominant type with the average tending to the parent JS12.

3.1.4. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L. - Caricaceae) é uma espécie diploide com nove pares de cromossomos (Damasceno Júnior *et al.*, 2009; Storey 1941). Esta espécie apresenta um genoma pequeno composto por 372 Mbp/1C (Arumuganathan e Earle, 1991), é considerada uma espécie trioica, ou seja, pode apresentar plantas masculinas, femininas e hermafroditas (Ming *et al.*, 2007). As variedades comerciais do mamoeiro ou são dioicas, apresentando plantas femininas e masculinas, ou são ginodioicas, apresentando plantas femininas e hermafroditas.

Apesar de as três formas sexuais (plantas femininas, masculinas e hermafroditas) serem determinadas geneticamente (Holfmeyr, 1938) pela presença de um gene com três alelos (M_1 , M_2 , e m), a expressão fenotípica do sexo é influenciado por fatores ambientais, incluindo temperatura, umidade relativa do ar (Awada 1953) e fatores nutricionais (Awada and Ikeda 1975) Portanto, a cultura apresenta uma instabilidade na expressão sexual, sendo comum no campo a ocorrência de flores masculinas em plantas hermafroditas e vice-versa, fenômeno conhecido como reversão sexual.

Carica papaya é uma espécie exótica, introduzida no Brasil, com centro de origem no Sul do México e Norte da América Central (Badillo, 1993). As variedades cultivadas pertencem a dois grupos heteróticos, sendo classificadas de acordo com algumas características, principalmente pelo tamanho do fruto: Grupo Solo e Grupo Formosa (Dantas, 2000). As variedades do Grupo Solo são linhagens puras, isto é, são geneticamente uniformes, cuja fixação de caracteres se deveu a sucessivas gerações de autofecundação, apresentam frutos de tamanho pequeno, variando de 350g a 550g. Por outro lado, as variedades do Grupo Formosa apresentam frutos grandes com tamanho variando de 800g a 1.300g e são mais adequadas à comercialização no mercado interno, enquanto as do grupo Solo são comercializadas no mercado interno e externo (Dantas, 2000; Ferregueti, 2003; Costa & Pacova, 2003).

Apesar de ser uma cultura importante para o Brasil, considerando que nos últimos anos o país se tornou o segundo maior produtor, ficando atrás apenas da Índia (São José *et al.*, 2011), as pesquisas básicas com a espécie ainda são incipientes, visto que a maioria dos estudos relacionados à geração de

informações básicas para os programas de melhoramento genético são recentes e estudos relacionados à fenologia da cultura são raros.

A fenologia é o ramo da biologia que estuda a ocorrência dos fenômenos biológicos repetitivos dos seres vivos e sua relação com as condições do ambiente biótico e abiótico (Morellato, 1987). A caracterização fenológica por meio de estádios das fenofases (vegetativa e reprodutiva) permite maior detalhamento da descrição do ciclo da planta, auxiliando na previsão de coleta de sementes para produção de mudas e nos programas de conservação e melhoramento de espécies (Rego *et al.*, 2006).

Embora os estudos fenológicos sejam de grande importância, trabalhos com este enfoque ainda são escassos no Brasil. Em Caricáceas, o estudo fenológico já foi descrito algumas vezes (Mekako e Nakasone, 1975; Arkle Jr. e Nakasone 1984; Sippel *et al.*, 1969; Parés *et al.*, 2002; Berilli *et al.*, 2006). Esses trabalhos relatam o período, em dias, compreendido entre a emissão e a abertura do botão floral, desenvolvimento das folhas e formação do fruto.

O conhecimento da fenologia do mamoeiro em condições de Brasil é importante para o melhoramento genético da cultura visando à obtenção de híbridos, pois assim se pode programar melhor a utilização dos genótipos em cruzamentos controlados além de fornecer informações sobre a adaptação climática da espécie (Mekako e Nakasone, 1975).

Com base no exposto, este trabalho teve o objetivo de caracterizar a fenologia reprodutiva da cultivar Sunrise Solo 72/12 (Grupo Solo), do híbrido UENF/CALIMAN 01, registrado pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, e da linhagem JS 12 (Grupo Formosa), desde a emissão floral até a frutificação, estimando o grau médio de dominância (GMD) das fenofases.

3.1.5. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas nesse estudo plantas da cultivar Sunrise Solo 72/12, do híbrido UENF/CALIMAN 01 e da linhagem JS 12, Figura 1, cultivadas na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, município de

Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro– Brasil. O preparo e observações das amostras foram realizados no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV), setor de Citogenética vegetal.

O clima da região é classificado como tropical quente, com inverno seco e verão quente e chuvoso (Köppen, 1948). Para a caracterização das condições meteorológicas ocorridas durante o período experimental, foram coletados dados climatológicos (pluviosidade e temperatura) da estação convencional do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, situada no local do presente estudo.

Os dados das diferentes fases de floração e frutificação foram registrados no verão de 2011/2012, e a Figura 2 mostra as médias de temperatura e pluviosidade durante o período do estudo.

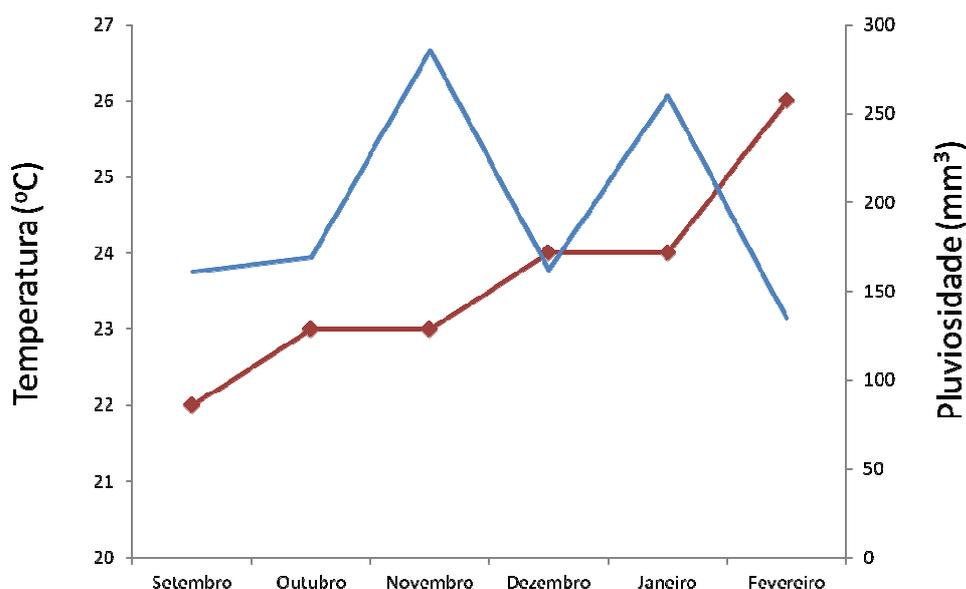


Figura 2. Curva de temperatura média (°C) (—) e pluviosidade (mm) (—) para o período de setembro de 2010 a fevereiro de 2012, para o município de Campos dos Goytacazes-RJ.

Foram plantadas dezesseis mudas de cada material genético, utilizando o delineamento em blocos com quatro blocos, e cada parcela constituída por quatro plantas. As mudas foram preparadas no viveiro da Empresa Caliman Agrícola,

Figura 1, localizada em Linhares/ES, e quando tinham aproximadamente um mês após o semeio, foram trazidas e transplantadas no campo na área da UAP.

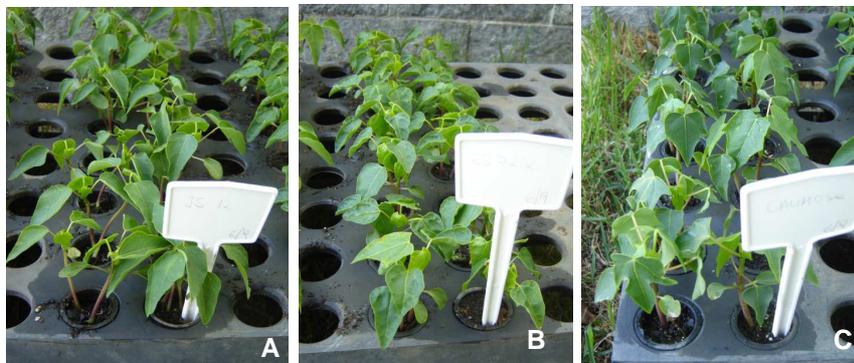


Figura 1. Plântulas de mamoeiro com aproximadamente um mês após semeadura: A) Plântulas de JS 12; B) Plântulas de 'Sunrise Solo 72/12'; e C) Plântulas do híbrido UENF/CALIMAN 01.

As mudas foram dispostas em fileiras com espaçamento de 2m x 2m entre plantas e entre fileiras, sob sistema de irrigação por aspersão; os tratos culturais foram dispensados à medida da necessidade das plantas (Martins et al., 2003).

Foi registrada por planta a data da emissão do botão floral, da antese do início da formação do fruto e da maturação dos frutos (estádio 0). Esse estágio foi classificado conforme as normas para ponto de colheita do fruto do mamão descritas em Frutiséries (2000), em uma escala que vai do estágio 0, com frutos crescidos e desenvolvidos (100% verdes), até o estágio 5, com frutos apresentando casca com 76 a 100% da superfície amarelada (ponto de colheita). Quando os botões florais foram emitidos na axila foliar da planta, eles foram marcados e foi anotada a data da emissão do botão. Todos os botões que surgissem, eventualmente, na mesma axila foliar, foram retirados para evitar competição por nutrientes. Em cada planta foram marcados 6 botões e nesses botões foram registradas a data da abertura floral ou antese, a data do início da frutificação e a data em que o fruto estava maduro, totalizando 96 botões florais por genótipo. Foi feita a média desses botões por planta para cada característica estudada. Os botões florais foram acompanhados diariamente desde o transplântio.

Após o registro final de cada fenofase, as datas foram convertidas em dias. Assim, temos o número de dias para emissão floral após o transplante (EF), o número de dias para antese após a emissão floral (A), o número de dias para o início da frutificação após a abertura floral (IF) e o número de dias para o fruto atingir o ponto de colheita, que, nesse estudo, corresponde ao estágio 1 de maturação, após o início da frutificação (MF). Os dados das avaliações fenológicas (EF, A, IF, e MF) foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa SAS (1999).

Foi também estimado o grau médio de dominância (GMD) para as quatro características. O GMD corresponde à relação d/a , em que “d” é o desvio do heterozigoto em relação à média dos homozigotos (d) e “a” é o desvio do homozigoto de maior valor em relação à média dos homozigotos, como segue abaixo:

$GMD = d/a$, em que:

$$d = X_{F1} - [(P_1 + P_2)/2]$$

$$a = P_2 - [(P_1 + P_2)/2] \text{ ou } P_1 - [(P_1 + P_2)/2].$$

De acordo com o valor d/a , o GMD foi classificado conforme Stuber *et al.* (1987) em:

d/a variando de 0 a 20, tem-se ausência de dominância;

d/a variando de 0,21 a 0,80, tem-se dominância parcial;

d/a variando 0,81 a 1,20, tem-se dominância completa; e

$d/a > 1,21$, tem-se sobredominância.

3.1.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância foi significativa a 5 % de probabilidade para os materiais, indicando variação para quatro características avaliadas nos três materiais genéticos (Tabela 1). Foi possível observar diferença no tamanho dos botões florais entre os genótipos, conforme mostram as Figuras 3 e 4. O genótipo UENFCALIMAN 01, Figura 3, tem flores de tamanhos maiores e frutos ovalados e

características mais relacionadas ao Grupo Formosa do que ao Grupo Solo. Já Sunrise Solo 72/12 possui os botões florais com tamanhos menores, frutos menores e arredondados (Figura 4). Este genótipo pertence ao grupo Solo, que tem como características precocidade de produção, inserção dos frutos a 70 cm do solo e frutos de tamanhos menores.

Tabela 1: Quadrado médio das características emissão do floral (EF), antese (A), início da frutificação (IF) e Maturação do fruto (MF) observada nos três genótipos de mamoeiro.

Fonte de variação	GL	QM			
		EF	A	IF	MF
Bloco	3	89,07	25,82	1,26	0,81
Genótipo	2	1849,30*	340,21*	4,83*	778,65*
P/GR	6	45,22	14,30	0,47	5,64
Resíduo	36	21,28	7,33	0,31	2,99
Total	47				
CV (%)		6,76	6,24	6,15	1,57
Média geral		68,16	43,39	9,13	109,52

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

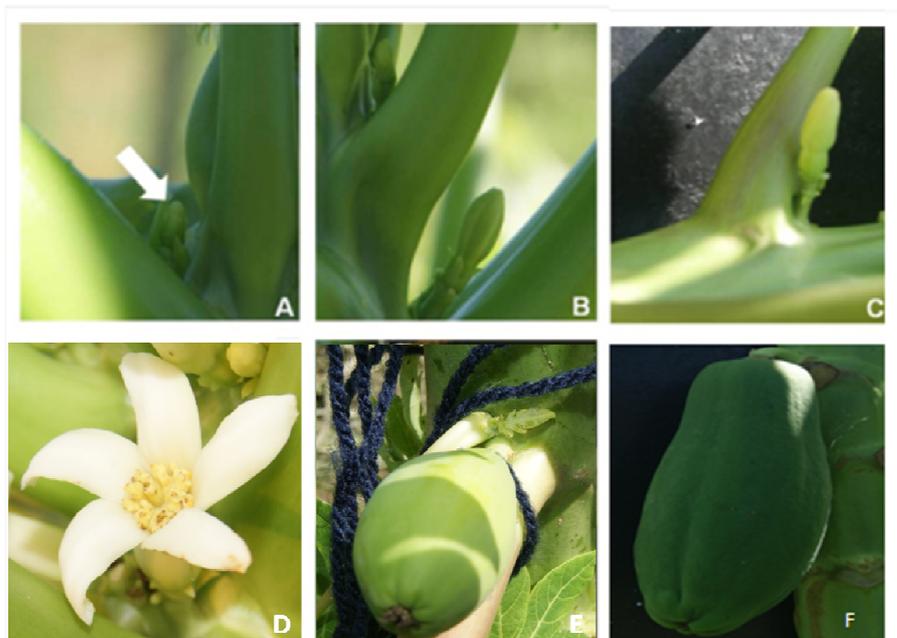


Figura 3. Diferentes fases fenológicas observadas no híbrido UENFCALIMAN 01. A) Emissão da gema floral; B) Desenvolvimento da gema floral; C) Botão floral desenvolvido; D) Botão floral no dia da abertura; E) Desenvolvimento do fruto 8 dias após a abertura da flor; F) Fruto no estágio 0 de maturação.



Figura 4. Diferentes fases fenológicas observadas na 'Surinse Solo 72/12'. A) Emissão da gema floral; B) Desenvolvimento da gema floral; C) Botão floral desenvolvido; D) Botão floral no dia da abertura; E) Desenvolvimento do fruto 9 dias após a abertura da flor; F) Fruto no estágio 0 de maturação.

O teste de médias mostrou diferenças significativas entre os três materiais genéticos (Tabela 2). Observa-se que o híbrido UENF/CALIMAN 01 foi o mais precoce, iniciando sua emissão floral 59,98 dias após o transplante, enquanto a cultivar SS 7212 foi a mais tardia, levando em média 80,25 dias para emitir botões florais.

Tabela 2. Teste de média (dias) da variável emissão floral (EF), antese (A), início da frutificação (IF) e maturação do fruto (MF) observada nos três genótipos de mamoeiro.

Genótipos	EF	A	IF	MF	Total
JS 12	64,26 ^{b*}	47,04 ^{a*}	9,55 ^{a*}	117,17 ^{a*}	238,02 ^{b*}
SS 72/12	80,25 ^a	44,94 ^b	8,51 ^b	107,87 ^b	241,57 ^a
UENF/CALIMAN 01	59,98 ^c	38,18 ^c	9,33 ^a	103,52 ^c	211,01 ^c

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A antese é uma fase muito importante para o melhoramento, pois é nesse momento que muitos cruzamentos são realizados pelos melhoristas e quanto mais precoce melhor é o genótipo, já que em mamoeiro a precocidade é uma das características mais buscadas nos programas de melhoramento (Dantas *et al.*, 2002). Pelos dados, observa-se que, entre os três genótipos, o mais precoce foi o UENF/CALIMAN 01, com média de 38,18 dias da emissão floral até sua abertura, enquanto a cultivar SS 7212 levou 44,94 e a JS 12 levou 47,04 dias, sendo o mais tardio. Observa-se também que o 'SS 7212' levou mais dias para emitir o botão floral, porém apresentou antese mais cedo do que o JS 12.

Sharma e Bajpai (1969), pesquisando as cultivares de mamoeiro Coorg e Honey Drew, observaram um período aproximado de 80 dias da emissão floral até a antese; enquanto Mekako e Nasone (1975), quando estudaram o número de dias desde a emergência do botão floral até a antese em cinco espécies de *Carica*, observaram em *Carica papaya* (Solo Linha 26) média de 47 dias em plantas hermafroditas e 45 dias em plantas femininas. Por outro lado, Arkle Júnior e Nakasone (1984), estudando plantas hermafroditas de mamoeiro, observaram que o tempo entre a emissão do botão floral e a sua abertura foi de 10 semanas,

ou seja, aproximadamente 70 dias. Sippel *et al.*, (2003), estudando a fenologia da cultivar 'Sunrise Solo', observaram que o tempo entre a emergência e a abertura do flor se estendeu por 10 semanas nas condições subtropicais de temperatura do Sul da África. Essas diferenças encontradas pelos autores provavelmente se devem a diferenças nas condições climáticas e no 'background' genético dos materiais estudados. Outros autores relatam que pluviosidade, comprimento do dia (Opler *et al.*, 1976, Ashton *et al.*, 1988, Van Schaik, 1986) e fatores filogenéticos (Kochmer e Handel, 1986) também podem influenciar a biologia reprodutiva das plantas.

O período da antese ao início da frutificação teve média geral de 9,13 dias entre os três genótipos. Houve diferença significativa entre os genótipos, e Sunrise Solo 72/12 foi o que iniciou a frutificação mais cedo, com uma média de 8,51 dias, enquanto UENF/CALIMAN01 e JS 12 iniciaram a frutificação aos 9,33 e 9,55 dias, respectivamente. Este período entre a antese e a formação do fruto é diferente do encontrado por Rolth e Clausnitzer (1972), citados por Martins e Costa (2003), que relatam o início da formação do fruto 13 a 15 dias após a antese, verificando, após esta fase, processos de divisão e expansão celular, com considerável crescimento do zigoto, passando pelas fases de pré-amadurecimento e senescência.

Quanto ao período de maturação do fruto a partir do início da frutificação, a média estimada para Sunrise Solo 72/12 foi de 107,87 dias, para JS 12 foi de 117,17 dias e para o híbrido UENF/CALIMAN01 foi de 103,52, perfazendo um total de 241,57, 238,57, e 211,01 dias para o ciclo total dos três materiais genéticos, respectivamente, confirmando que o híbrido UENF/CALIMAN01 apresenta precocidade em relação aos outros dois genótipos (Figura 5). Berilli *et al.* (2007), ao estudarem a avaliação da taxa de crescimento de frutos desde a antese até a colheita no híbrido UENF/CALIMAN01, observaram que esse tempo variou de 112 dias a 154 dias, conforme a época do ano. Observaram também que frutos desenvolvidos em períodos com temperatura mais elevadas atingiram, num tempo menor, o ponto de colheita, ocorrendo o inverso em temperaturas amenas.

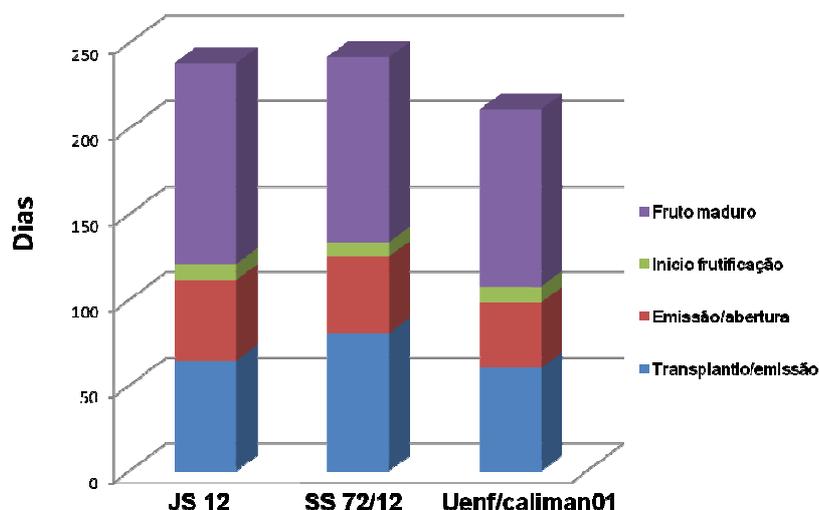


Figura 5. Gráfico representando o ciclo fenológico total, com as quatro fenofases, de cada material genético estudado.

Considerando que UENF/CALIMAN01 é um híbrido obtido do cruzamento entre SS 72/12 e JS 12, estimou-se o grau médio de dominância (GMD) para as quatro características avaliadas e observou-se que o GMD para as características EF, A, MF é do tipo sobredominância, visto que o GMD para precocidade estimado foi 1,54, 7,43, e 1,88, respectivamente; para a característica IF, o GMD é do tipo dominância parcial ($d/a=0,58$), tendendo para o genitor JS 12, conforme mostra a Tabela 3. Damasceno Júnior (2008) observou ação de sobredominância para as características número de frutos carpeloides e frutos pentândricos e dominância parcial para esterilidade de verão ou reversão sexual com tendência para o genitor do grupo Formosa.

Tabela 3. Média das características emissão floral (EF), antese (A), início da frutificação (IF) e maturação do fruto (MF) das gerações P1(SS7212), P2 (JS12), F1 (UENF/CALIMAM01) e estimativa dos valores de “d”, “a” e do grau médio de dominância (GMD= d/a).

Genótipos	Características				
	EF	A	IF	MF	Σ
P1 (SS 7212)	80,25	44,94	8,51	107,87	241,52
P2 (JS 12)	64,26	47,04	9,55	117,17	238,02
MÉDIA	72,26	45,99	9,03	112,43	239,80
F ₁ (UENF/CALIMAN01)	59,98	38,18	9,33	103,52	211,01
d	12,28	7,81	0,3	8,91	28,78
a	7,99	1,05	0,52	4,74	1,78
d/a	1,54	7,43	0,58	1,88	16,16

Durante a condução do trabalho, observou-se reversão sexual nos três genótipos. A porcentagem de reversão sexual em SS 7212 foi relativamente baixa, com média de 13,33%, enquanto para os genótipos tipo Formosa, UENF/CALIMAN01 e JS 12, o percentual foi de 28,6%. Esses dados são concordantes com os obtidos por Damasceno Júnior (2008), que relata serem os híbridos entre Solo e Formosa e os genótipos do grupo Formosa mais vulneráveis à esterilidade de verão do que os genótipos do Grupo Solo, corroborando os resultados aqui encontrados.

O grau médio de dominância é uma ferramenta para avaliar a desempenho dos híbridos em relação a seus pais. Isto ajuda a observar se a característica é de dominância, sobredominância ou dominância parcial.

Essas características fazem parte da análise de estimativa genética para caracterizar uma população e prever seu comportamento sobre a seleção artificial (Miranda et al., 1988). Observou-se que o híbrido UENF/Caliman01 foi precoce para as características emissão do botão floral, antese e formação do fruto maduro. Estas características são relevantes para a cultura, visto que um dos objetivos do programa de melhoramento do mamoeiro é a precocidade para produção de frutos.

3.1.7. CONCLUSÃO

Os genótipos estudados diferiram entre si em relação a suas características fenológicas. O híbrido UENF/CALIMAN01 foi precoce para a emissão do botão floral, antese e maturação do fruto. A cultivar SS 72/12 foi a que apresentou o ciclo mais longo em relação aos outros materiais estudados, com média de 241,57 dias, seguida do genótipo JS 12, com 238,02, e do híbrido UENF/CALIMAN 01, com 211,01 dias. As ações gênicas envolvidas no controle genético das características emissão floral, antese e maturação do fruto foram do tipo sobredominância e para início da frutificação foram do tipo dominância parcial, com a média tendendo para o genitor JS12. Estes resultados indicam que o híbrido UENF/CALIMAN01 é precoce em relação a seus parentais no que concerne à emissão do botão floral, antese e maturação do fruto, sendo uma boa característica para esse híbrido, visto que um dos objetivos do melhoramento do mamoeiro é a precocidade na formação dos frutos para posterior aumento de produtividade.

3.1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arumuganathan, K., Earle, E.D. (1991) Nuclear DNA content of some important plant species. *Plant molecular Biology Reporter* 9: 208-218
- Arkle Junior, T.D.; Nakasone, H.Y. (1984) Floral differentiation in the hermaphroditic papaya. *Hort Science* 19: 832 – 834.
- Ashton, P.S., T.J. Givinish, & S. Appanah (1988) Staggered flowering in the Dipterocarpaceae: new insights into floral induction and the evolution of mast fruiting in the aseasonal tropics. *Amer. Naturalist* 132:44-66.

- Awada, M. e Ikeda, W.S. (1975) Effects of water and nitrogen application on composition, growth, sugars in fruits, yield and sex expression of the papaya plants (*Carica papaya*). Honolulu. *Hawaí: University of Hawaí*, 16p. (Technical Bulletin, 33).
- Awada, M. (1953) Effects of moisture on yield and sex expression of the papaya plants (*Carica papaya*). *Hawaí Agricultural Experiment Station Progress Notes*, n.97.
- Badillo, V.M.(1993) Caricaceae – Segundo esquema. *Revista de La facultad de agronomia de La Universidad Central da Venezuela*. Macaray, p.64.
- Berrili, S. S.; Oliveira, J. G.; Marinho, A. B.; Lyra, G. B.; Souza, E. F.; Viana, A. P.; Bernardo S.; Pereira, M. G. (2007). Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. *Revista Brasileira de Fruticultura* 29: 11-14.
- Costa, A. F. S; Pacova, B. E. V.(2003) Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. Dos S.; COSTA, A. De F. S. Da. *A cultura do mamoeiro – Tecnologia de Produção*, INCAPER, Vitória, ES, p. 59-102 .
- Dantas, J. L. L.; Dantas, A.C.V.L.; Lima, J.F. (2002) *Melhoramento de fruteiras tropicais*. Viçosa, UFV. p. 422.
- Dantas, J. L. L. (2000) Introdução. In: Trindade, A. V. *Mamão. Produção: aspectos técnicos*. Brasília: EMBRAPA-CNPMT, p.9.
- Damasceno Júnior,P.C., Costa, F.R.; Pereira, T.N.S., Freitas Neto, M.; Pereira, M.G.,. (2009) Karyotype determination in three Caricaceae species emphasizing the cultivated form (*Carica papaya* L.). *Caryologia*, v.62,p.10-15.
- Damasceno Júnior, P. C. (2008). *Estudos citogenéticos, genéticos, e moleculares como ferramenta auxiliar no melhoramento genético do mamoeiro*. Tese de

Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ.. 139 pp.

Ferregueti, G. A. (2003) Caliman 01 – O primeiro híbrido de mamão Formosa brasileiro. *II Simpósio Papaya Brasil*.

Frutiséries 7 (2000) Ministério da integração nacional. Frutiséries mamão-. Minas Gerais. Brasília.

Hofmeyr, J. D. J. (1938) Genetical studies of *Carica papaya*. I – The inheritance and relation of sex and certain plant characteristics. II – Sex reversal and sex forms. *Union of South America, Dept. Agric. e For., Sci. Bull.*, n. 187, 1-64p.

Kochmer, J., Handel, S.N (1986) Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecol. Monogr.* 56: 303-325.

Köppen, W. (1948) Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. *Fondo de Cultura Econômica*. México. 479p.

Martins, D. dos S; Costa, A. de F. S. da (2003) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Incaper, Vitória, ES. 497p.

Mekako, H. U.; Nakasone, H. Y.(1975) Floral development and Compatibility studies of *Carica* Species. *Journal American society for horticultural science* 100(2): 145 – 148.

Ming,R., Yu,Q., Moore,P.H.(2007) Sex determination in papaya. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 18: 401–408.

Morellato, L. P. C (1987) *Estudo comparativo de fenologia de duas formações florestais na Serra de Japi, Jundiaí, São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo.

- Opler, P.A., Frankie, G.M.; Baker H.G (1976) Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal Biogeografic.* 3: 231-236.
- Parés, J; Basso, C; Jáuregui, D. (2002) Momento de antesis, dehiscencia de anteras y receptividad estigmática em flores de lechosa (*Carica papaya* L.) cv. Cartagena Amarilla. *Bioagro.* 14 (1): 17-24p.
- Qingyi, Y., Steiger, D., Kramer, E.M., Moore, P.H., Ming, R. (2008) Floral MADS-box Genes in Trioecious Papaya: Characterization of AG and AP1 Subfamily Genes Revealed a Sex –type- specific Gene. *Tropical Plant Biology* 1: 97-107.
- Rego, G. M; Lavoranti, O. J; Assumpção Neto, A. (2006) Monitoramento dos estádios fenológicos reprodutivos da cerejeira do mato. *Comunicado Técnico* 177. EMBRAPA FLORESTAS. 4pp.
- São José, A.R; Pires, M.M; Angel, D.N; Santos, V.S; Cruz-Hernández, M.A. (2011) A situação atual e perspectivas do mamão no mundo. *V Simpósio papaya Brasil.* Porto Seguro, BA.
- SAS Institute (1999). SAS/STAT user's guide, version 9.2. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Sharma, H. C.; Bajpai, P. N. (1969) Studies on floral biology of papaya (*C. papaya* L.) Indian Journal. *Society horticultural Science* 3: 9 – 18.
- Sippel, A.D; Claassens, N. J. F; Holtzhausen, L.C (1969) Floral differentiation and development in *Carica papaya* cultivar 'Sunrise solo'. *Scientia horticulturae* .40(1): 23 – 33.
- Storey, W. B. (1941) The botany and sex relations of papaya. *Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin* 87, 5-22.

Stuber, C. W.; Edwards, M. D.; Wendel, J. F. (1987). Molecular marker-facilitated investigations of quantitative trait loci in maize. II. Factors influencing yield and its component traits. *Crop Science* 27: 639-648.

Van Schaik, C.P. (1986) Phenological changes in a Sumatran rain forest. *Journal of Tropical Ecology*. 2: 327-347

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA VIABILIDADE GAMÉTICA ASSOCIADA AO TAMANHO DO BOTÃO FLORAL EM GENÓTIPOS DE MAMOEIRO.

3.2.1.RESUMO

O mamoeiro apresenta flores hermafroditas e, em sendo assim, a autofecundação tem uma alta possibilidade de ocorrer. Assim, esse trabalho teve o objetivo de estudar a viabilidade gamética associada aos diferentes tamanhos de botões florais na cultivar Sunrise Solo 72/12 (SS 72/12), no híbrido UENF/CALIMAN 01 e na linhagem JS 12. A viabilidade do gameta masculino foi estimada pelo percentual de viabilidade polínica e para o gameta feminino foi estimada a receptividade do estigma. Para tanto, foi definido o tamanho em que ocorria a antese e a partir dessa definição botões florais foram coletados em tamanhos decrescentes até 1 cm de comprimento. Foram utilizados 5 botões florais por tamanho para cada genótipo. A viabilidade do gameta masculino foi testada via solução tripla de Alexander e a receptividade do estigma foi verificada pelo uso de solução de alfa-naftil. Os resultados mostraram que JS 12, SS 72/12 e UENF Caliman 01 tiveram alta viabilidade polínica em botões a partir de 4 a 5 cm, atingindo um máximo de viabilidade a 6 cm em UENF/CALIMAN 01, 5 cm na cultivar SS 72/12 e a 7 cm na linhagem JS 12. Abaixo de 4 cm, os botões apresentaram uma viabilidade muito baixa com grãos de pólen com o citoplasma plasmolisado. Quanto à receptividade, os botões florais em média mostraram-se receptivos a partir de 4 cm em Uenf/Caliman 01, 4 cm em SS 72/12 e 5 cm na

linhagem JS 12. Quando os botões têm alta viabilidade e estigma receptivo, pode ocorrer autopolinização em plantas hermafroditas de mamoeiro. Conclui-se também que 'SS 72/12' e 'UENF/CALIMAN 01' apresentam antese em botões com tamanho de 5 cm e 6cm, respectivamente, e a linhagem JS 12, com tamanho de 7cm.

3.2.2. ABSTRACT

Papaya has hermaphrodite flowers and thus, it has a high possibility for self-pollination occurrence. So, the objective of this study was to investigate the gametic viability associated with different sizes of buds in the cultivar Sunrise Solo 72/12 (SS 72/12), the hybrid UENF / CALIMAN 01 and inbred JS 12. The male gamete viability was estimated by the percentage of pollen viability and the female gamete was estimated by stigma receptivity. To do that, first, it was determined the flower size at anthesis for each genetic material and after that it was collected flower buds in decreasing sizes up to 1cm long. It was used five flower buds per size for each genotype. The viability of the male gamete was tested by using Alexander's triple solution and the stigma receptivity was estimated by using an alpha-naphthyl. The results showed that JS 12, SS 72/12 and UENF/CALIMAN 01 had good pollen viability in flower bud longer than 4 a 5 cm, reaching a the highest pollen viability at 6 cm in UENF/CALIMAN 01 and SS 72/12 and at 7 cm in the JS 12. Bellow 4 cm the flower buds had very low pollen viability showing pollen with cytoplasm plasmolised. For the stigma receptivity, the flower buds, on average, were receptive at 4 cm for UENF/CALIMAN 01, 4 cm for SS 72/12 and 5 cm for JS 12. The flower buds having high pollen viability and receptive stigma, it is possible that self-pollination may occur in hermaphrodite papaya plants. It was also conclude that 'SS 72/12' and 'UENF / 01 CALIMAN' present anthesis in flower buds with 5 cm and 6cm in size, reaching, and JS 12 with 7 cm in size.

3.2.3. INTRODUÇÃO

O mamoeiro apresenta polimorfismo floral, tendo três formas básicas de plantas, masculinas, femininas e hermafroditas, e por esta razão é considerada uma espécie trioica, ou seja, pode apresentar plantas masculinas, femininas e hermafroditas. As variedades comerciais do mamoeiro ou são dioicas, apresentando plantas femininas e masculinas, ou são ginodioicas, apresentando plantas femininas e hermafroditas (Ming *et al.*, 2007).

Dependendo do tipo de população, se dioica ou hermafrodita, a espécie vai se reproduzir via alogamia ou autogamia. Considerando que em campos experimentais e comerciais há um predomínio de materiais hermafroditos, é importante conhecer a biologia reprodutiva da cultura a fim de evitar contaminações indesejáveis. O mamoeiro tem sido considerado autógamo com taxa de alogamia (Damasceno Júnior *et al.*, 2009).

A formação de gametas envolve duas etapas, a esporogênese e a gametogênese. Três fases consecutivas culminam na formação do gameta masculino - pré-meióticas, meióticas e pós-meióticas, - sendo essas fases controladas e coordenadas por diversos genes (Mascarenhas, 1992). Se os eventos que ocorrem durante a meiose estão sob controle genético, como tal eles são mutáveis (Defani-Scoarize *et al.*, 1996), causando algumas irregularidades que podem afetar a viabilidade polínica.

Em plantas, mutações, hibridações e estresse ambiental, entre outros fatores, podem alterar a constituição ou expressão de genes que agem durante a meiose, resultando em micrósporos anormais e em grãos de pólen atípicos (Caetano-Pereira *et al.*, 1999). Também os estágios pré-meióticos (Aragón-Alcaide *et al.*, 1997) e pós-meióticos (Twell, 1995) podem ser afetados pela ação gênica, sendo o último controlado por uma quantidade relativamente pequena de genes (Kaul e Nirmala, 1989).

Freitas (2010) estudou o tamanho dos botões florais e a meiose em três genótipos de mamoeiro. De acordo com a autora, botões florais cujo tamanho variou de 2mm a 4mm (*Golden* e *Cariflora*) e 2mm a 5mm (UENF/CALIMAN01) estavam no estágio pré-meiótico. Botões florais cujos tamanhos variaram de 5mm a 6mm (*Golden* e *Cariflora*) e de 6mm a 7mm (UENF/CALIMAN01) estavam no estágio meiótico, apresentando células em diferentes fases da meiose. O estágio

pós-meiótico foi observado em botões cujo tamanho variou de 7mm a 9mm (*Golden* e *Cariflora*) e 8mm a 10mm (UENF/CALIMAN01). Os resultados indicam que há uma associação entre o tamanho do botão floral e a meiose em mamoeiro (Freitas, 2010).

A viabilidade polínica é um dos fatores que têm influência direta sobre o sucesso da fertilização, uma vez que o tamanho do fruto, o número de sementes e a porcentagem de frutos aumentam se uma quantidade de grãos de pólen acima do requerido for depositada sobre o estigma (Akamine e Girolami, 1959). Assim, é importante que no ato da polinização os grãos de pólen sejam bem formados e viáveis.

A receptividade do estigma é um estágio muito importante da maturação da flor que pode influenciar grandemente a taxa de fertilização (Galen e Zimmer, 1987). O tempo de receptividade do estigma pode variar de poucas horas a 10 dias. A idade da flor, o horário do dia e a presença ou a ausência de exsudato no estigma são fatores que podem influenciar a receptividade do estigma. A receptividade do estigma pode ser determinada por mudanças morfológicas, como, por exemplo, presença de exsudatos e mudança de coloração no estigma e por testes para verificação de enzimas ativas, como a peroxidase e a esterase (Dafni, 1992).

Considerando que em mamoeiro pode ocorrer autogamia e considerando que botões pequenos, acima de 7 mm, já apresentam grãos de pólen formados, este trabalho foi estabelecido visando a estudar a associação do estágio de formação do gameta masculino e feminino com a viabilidade/fertilidade dos mesmos.

3.2.4. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi conduzido em plantas hermafroditas dos genótipos Sunrise Solo (Grupo Solo), JS 12 (Grupo Formosa) e no híbrido UENF/CALIMAN01, cultivadas na área experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro –

Brasil. O clima da região é do tipo Awi de Koppen (tropical úmido), com chuvas no verão e inverno seco.

O preparo e observações das amostras foram feitos no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV) - Citogenética, do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

3.2.4.1. Viabilidade do gameta masculino

Para a análise da viabilidade polínica, botões de diferentes tamanhos foram coletados em plantas hermafroditas e conservados em solução de etanol 70%. Os tamanhos foram de 1 cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5 cm e 6cm para o híbrido Uenf/Caliman, e de 1 cm, 2cm, 3cm, 4cm e 5 cm para SS 72/12 e 1 cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5 cm, 6cm e 7cm para a linhagem JS 12, de acordo com Freitas (2010). Estes tamanhos foram estabelecidos conforme o comprimento observado em que a flor de cada genótipo estava na antese. Considerado que os botões florais dos genótipos utilizados tinham tamanhos diferentes, sendo alguns pequenos ou maiores em relação ao outro, foi montada uma escala de tamanho diferenciado para cada material estudado. Foram coletados ao acaso 05 botões florais de cada tamanho para cada genótipo. Como não havia uma definição de tamanho do botão na antese, primeiramente foi determinado esse tamanho e, a partir dele, foram coletados botões com tamanhos inferiores até atingir 1 cm.

Para o preparo das lâminas, três anteras foram retiradas de cada botão floral, maceradas em duas gotas (20 μ l) de solução tripla de Alexander (Alexander, 1969) para a liberação dos grãos de pólen e sua reação com o corante. Posteriormente, o macerado foi coberto com lamínula e retirado o excesso do corante da lâmina com o auxílio de papel filtro. As lâminas assim montadas foram observadas em microscópio óptico, campo claro (Olympus BX 60). Foram preparadas 02 lâminas por tamanho/genótipo, contados e classificados 250 grãos de pólen por lâmina de cada variedade, totalizando 500 grãos de pólen.

Grãos de pólen corados de vermelho púrpuro foram considerados viáveis. Foram considerados inviáveis os grãos de pólen corados de verde (Alexander, 1969) e aqueles com o citoplasma plasmolisado (Souza *et al.*, 2002). As imagens dos grãos de pólen viáveis e inviáveis foram capturadas com câmera CCD 12 bits

acoplada ao microscópio óptico *Olympus BX 60*, utilizando o *Image-Pro Plus Software* (versão 5.1, *Media Cybernetics*).

3.2.4.2. Receptividade do estigma

Os mesmos botões florais dos mesmos tamanhos citados para a avaliação anterior foram utilizados, sendo 5 botões para cada tamanho de cada genótipo que foram coletados e excisados do resto do gineceu. Os estigmas foram submersos imediatamente e diretamente no corante alfa-naftil acetato (Damasceno Júnior *et al.*, 2009; Dafni, 1992) por 5 minutos. Estigmas receptivos reagem com o corante alfa-naftil, adquirindo uma coloração preta na superfície do estigma (Damasceno Júnior *et al.*, 2009; Dafni, 1992). Primeiramente foi determinado o tamanho do botão na antese e, a partir dele, foram coletados botões com tamanhos inferiores até atingir 1 cm.

3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2.5.1. Viabilidade polínica

A Tabela 1 mostra que a viabilidade polínica dentro dos genótipos variou conforme o tamanho do botão floral e tendeu a aumentar à medida que o tamanho do botão foi aumentando e que os tamanhos dos botões florais em relação ao seu percentual de viabilidade apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade. Botões florais com tamanho de 1 cm apresentaram viabilidade polínica muito baixa, mesmo na 'SS 72/12', que apresentou média de 42,5% de viabilidade. Botões florais com tamanho acima de 4 cm já apresentaram média de viabilidade polínica considerada satisfatória, acima de 80%, e, a partir de 5 cm, os botões já estavam completamente viáveis nos três genótipos. A Figura 1 mostra os grãos de pólen viáveis e os inviáveis. Os grãos de pólen classificados como inviáveis, em botões florais de tamanhos menores, apresentaram-se com o citoplasma plasmolisado e parcialmente corados. Grãos de pólen inviáveis com tamanho igual e acima de 4 cm não mostraram nenhum

tipo de coloração no núcleo, mas apresentaram coloração esverdeada, conforme descrito por Alexander (1969).

Tabela 1: Porcentagem da viabilidade polínica em diferentes tamanhos de botões florais de mamoeiro para os genótipos UENF/CALIMAN 01(1 a 6 cm), JS 12 (1 a 7 cm) e SS 72/12(1 a 5 cm).

Genótipos	Tamanhos						
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm
Uenf/Caliman 01	26,04 ^d	46,9 ^c	73,88 ^b	89,78 ^a	95,32 ^a	96,32 ^a	-
JS 12	39 ^d	51,8 ^c	74,63 ^b	87,89 ^a	92,76 ^a	95,87 ^a	96,78 ^a
SS 72/12	42,5 ^d	51,66 ^c	78,5 ^b	91,84 ^a	96,24 ^a	-	-

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

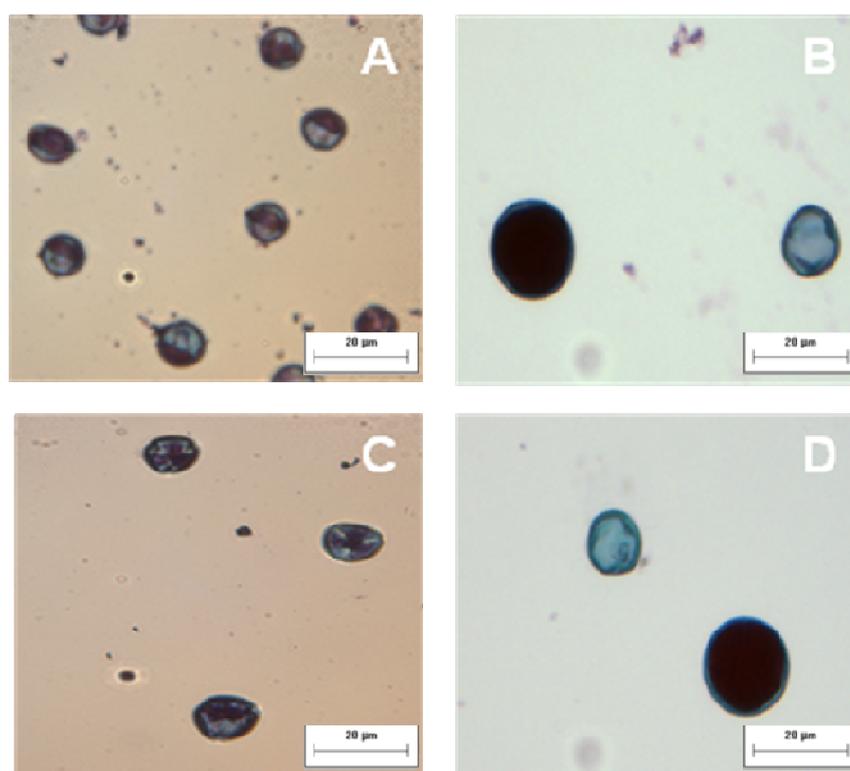


Figura 1: Viabilidade polínica em genótipos de mamoeiro de acordo com o tamanho. A) Grãos de pólen inviáveis em botões de 1 cm no híbrido UENF/CALIMAN 01; B) Grãos de pólen inviáveis e viáveis em botões de 6cm no híbrido UENF/CALIMAN 01; C) Grãos de pólen inviáveis em botões de 1cm na cultivar SS 72/12; D) Grãos de pólen inviáveis e viáveis em botões de 5 cm na cultivar SS 72/12.

Esses resultados podem ser explicados de acordo com o processo de formação dos grãos de pólen. A formação dos grãos de pólen envolve duas fases bem distintas: a microesporogênese e a microgametogênese. Na primeira fase, células mãe de grãos de pólen sofrem meiose e dão origem aos micrósporos que são considerados grãos de pólen imaturos, pois apresentam apenas os núcleos generativos e vegetativos. Na segunda fase, microgametogênese, em cada micrósporo o núcleo generativo sofre mitose dando origem aos dois núcleos espermáticos. Paralelamente, o grão de pólen sofre várias modificações celulares e acúmulo de substâncias de reservas, dando origem ao grão de pólen maduro (McCormick, 1993). De acordo com Freitas (2010), em mamoeiro, botões cujo tamanho é inferior a 7 mm estão em divisão celular e acima desse tamanho estão na fase pós-meiótica, ou seja, estarão sofrendo mitose e as modificações celulares; daí, nesse estudo ter-se observado uma diferença no aspecto do grão de pólen inviável nos diferentes tamanhos nos três genótipos. Esses botões foram classificados como não viáveis por apresentarem o citoplasma plasmolisado e provavelmente o citoplasma não tenha reagido perfeitamente com a solução Alexander em função da imaturidade do grão de pólen.

A solução tripla de Alexander é composta por três corantes: verde malachita, que colore de verde a parede do grão de pólen, o Orange G, que intensifica a coloração, e a fucsina básica, que cora o citoplasma de vermelho por ser específico para DNA (Alexander, 1969). Esta solução reage com os grãos de pólen, distinguindo os viáveis, que ficam corados de púrpura, dos inviáveis, que ficam corados de verde. A viabilidade do grão de pólen é um fator chave no processo de polinização (Damasceno Júnior, 2004) e é o primeiro fator a contribuir para as chances que têm de germinar no estigma da flor, sendo importante para o processo de fertilização (Dafni, 1992). Segundo Cohen *et al.*, (1989), o sucesso da produção comercial do mamão depende da viabilidade e da disponibilidade dos grãos de pólen. Santos *et al.* (2008) e Damasceno Júnior *et al.* (2009) ressaltam que em mamoeiro os grãos de pólen já estão viáveis antes da antese, sendo que na abertura apresentam a mais alta viabilidade (Damasceno Júnior *et al.*, 2009).

3.2.5.2. Receptividade do estigma

Quanto à viabilidade do órgão feminino, neste trabalho foi estudada apenas a receptividade do estigma, já que Gaburro (2007) afirma que o saco embrionário, em flores hermafroditas e femininas de mamoeiro, já está formado antes da antese.

Conforme os resultados obtidos, observa-se que nos diferentes tamanhos de botões florais nos dois genótipos não houve receptividade do estigma em todos eles (Figuras 2, 3 e 4).

No híbrido UENF/CALIMAN 01, os estigmas apresentaram-se receptivos em botões florais de tamanhos a partir de 4 cm, Figura 2; na cultivar SS 72/12 em 4 cm, Figura 3; e na linhagem JS 12, os botões mostraram-se receptivos a partir de 5 cm (Figuras 4) . Nos tamanhos inferiores, nos três genótipos, não houve nenhuma reação à solução de alfa-naftil, indicando que nesses botões os estigmas não estavam ainda receptivos.

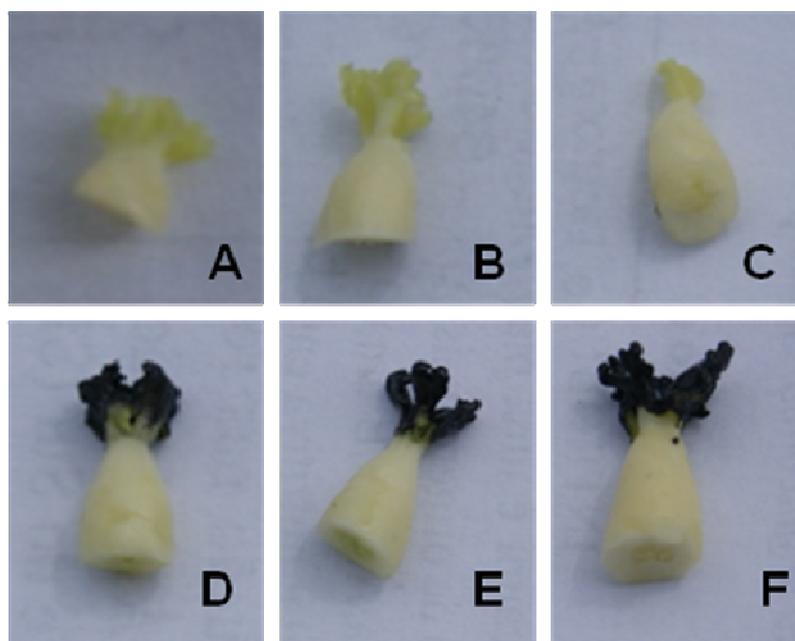


Figura 2: Receptividade de estigma no híbrido UENF/CALIMAN 01. A, B, C) Estigmas de botões florais dos tamanhos 1cm, 2cm, 3cm, respectivamente, mostrando a não reação após a imersão por 5 min. em solução alfa-naftil, portanto, não receptivos. D, E e F) Estigma de botões florais dos tamanhos 4 cm, 5 cm e 6 cm, respectivamente, após a imersão por 5 min. em solução alfa-naftil, mostrando a reação à solução de alfa-naftill. Observa-se que houve reação da solução alfa-naftil com os estigmas que estavam receptivos a partir de 4 cm.

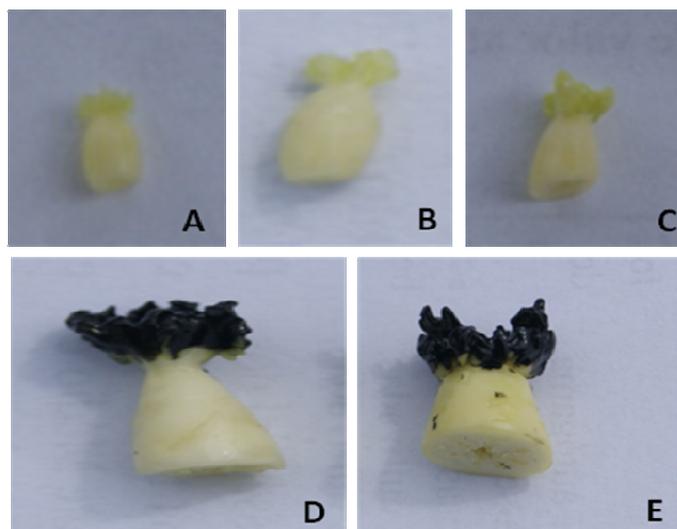


Figura 3: Receptividade de estigma na cultivar SS 72/12. A, B e C: Estigmas de botões florais dos tamanhos 1 cm, 2cm e 3cm, respectivamente, não receptivos após a imersão por 5 min. em solução alfa-naftil. D e E) Estigma de botões florais dos tamanhos 4cm e 5 cm, respectivamente, após a imersão por 5 min. em solução alfa-naftil. Observa-se que houve reação da solução alfa-naftil com os estigmas que estavam receptivos a partir de 4 cm.

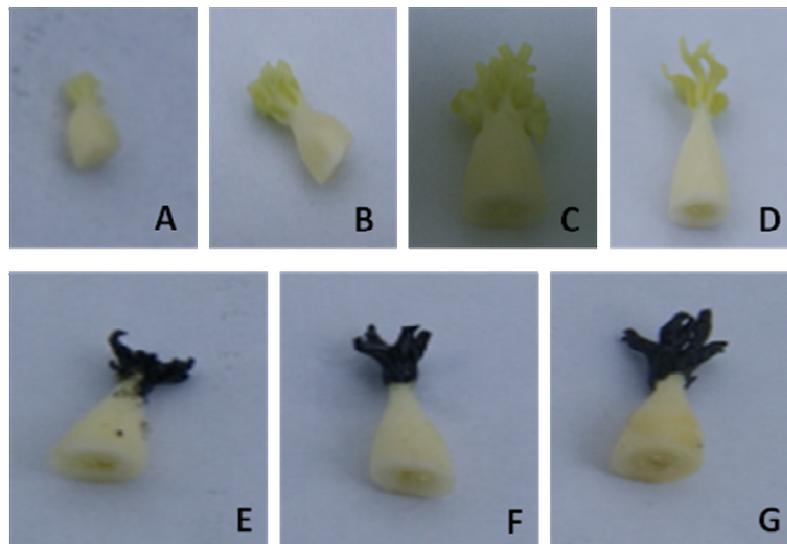


Figura 4: Receptividade de estigma na linhagem JS 12 (Fotos A, B, C e D). Estigmas de botões florais dos tamanhos 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, respectivamente, não receptivos após a imersão por 5 min. em solução alfa-naftil (Fotos E, F e G). Estigma de botões florais dos tamanhos 5 cm, 6 cm e 7cm, respectivamente, após a imersão por 5 min. em solução alfa-naftil. Observa-se que houve reação da solução alfa-naftil com os estigmas que estavam receptivos a partir de 5 cm.

Observou-se nos três materiais genéticos estudados que os estigmas se mostraram receptivos antes da abertura floral, mais precisamente em botões florais próximos à abertura, de 4cm em UENF/CALIMAN 01 e na cultivar SS 72/12, e de 5 cm na linhagem JS12. A receptividade do estigma antes da abertura floral também é citada por outros autores que trabalharam com a cultura do mamoeiro. Damasceno Júnior *et al.* (2009), Parés *et al.* (2002), Couto e Nacif (1999) e Rodríguez *et al.* (1990) relatam que o estigma do mamoeiro está receptivo antes da antese, mantendo-se receptivo até depois da antese, tanto em flores hermafroditas como em flores femininas, porém, a maior receptividade é verificada logo após a antese (Damasceno Júnior *et al.*, 2009; Couto e Nacif, 1999).

A receptividade do estigma tem sido estudada em outras culturas, como, por exemplo, na espécie camu-camu (*Myrciaria dubia*), tendo Maués e Couturier (2002) relatado que esta espécie tem os estigmas receptivos antes e após a antese, afirmando ainda sobre a presença da protoginia nesta espécie.

A receptividade do estigma é resultado da maturação do gameta feminino e pode influenciar na taxa de fecundação e no sucesso da polinização (Silva *et al.*, 2010). Ainda de acordo com os autores, que utilizaram a atividade enzimática da peroxidase, a receptividade em flores antes da antese é um dado importante, permitindo ao melhorista fazer cruzamentos controlados nesta fase quando as flores ainda não foram polinizadas, evitando assim a autofecundação e possibilitando um controle maior da hibridação.

Considerando que os botões florais apresentam grãos de pólen viáveis e estigmas receptivos, sugere-se que o mamoeiro pode apresentar em alguns genótipos cleistogamia, fenômeno da polinização antes da antese (Borém e Miranda, 2009). Este processo pode ocorrer em mamoeiro visto que os grãos de pólen estão viáveis antes da antese e os estigmas, receptivos.

3.2.6. CONCLUSÃO

Os genótipos JS 12, SS 72/12 e UENF Caliman 01 tiveram alta viabilidade polínica em botões a partir de 4 cm e botões receptivos a partir de 4 cm em

UENF/CALIMAN 01, 4 cm em SS 72/12 e 5 cm na linhagem JS 12. Nos botões, por terem alta viabilidade e estigma receptivo, pode ocorrer a autopolinização em plantas hermafroditas de mamoeiro. Assim, sugere-se que, em cruzamentos controlados, caso esses genótipos sejam utilizados como genitores femininos, eles devem ser emasculados quando o botão atingir tamanho igual ou superior a 3 cm em SS 72/12, Uenf/Caliman 01e JS 12 para garantir a obtenção de uma geração híbrida sem contaminação de autopólen. Conclui-se também que 'SS 72/12' e 'UENF/CALIMAN 01' apresentam antese em botões com tamanho de 5 cm e 6cm, respectivamente, e a linhagem JS 12, com tamanho de 7cm.

3.2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, M.P. (1969) Differential staining of aborted and non-aborted pollen. *Stain Technology*, 44: 117-122.
- Akamine, E.K., Girolami, D.G. (1957) Problems in fruit set in yellow passion fruit. *Hawaii Farm. Sci.*, 5: 3-5.
- Aragón-Alcaide, L., Reader, S., Beven, A., Shaw, P., Miller, T., Moore, G. (1997) Association of homologous chromosomes during floral development. *Current Biology*, 7: 905-908.
- Borém, Aluizio; Miranda, G. V (2009) *Melhoramento de plantas*. 5º Edição. Viçosa: UFV, 529p
- Caetano-Pereira, C.M., Pagliarini, M.S. (1997) Cytomixis in maize microsporocytes. *Cytologia*, 62: 351-355
- Cohen, E., Lavi, U., and Spiegel-Roy, P. (1989) Papaya pollen viability and storage. *Scientia Horticulturae* 40: 317-324.

- Couto, F.A.D.; Nacif, S.R. (1999) Hibridação em mamão. In: BORÉM, A. *Hibridação artificial em plantas*. Viçosa, MG: UFV, p. 307-329.
- Dafni, A. (1992) *Pollination ecology: a practical approach*. New York: Oxford University Press.
- Damasceno Júnior, P. C.; Pereira, T. N. S.; Pereira, M. G.; Silva, F. F.; Souza, M. M.; Nicoli, R. (2009) Preferential reproduction mode of hermaphrodite papaya plant (*Carica papaya* L; Caricaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 31: 182-189.
- Damasceno Júnior, P. C (2004) *Estudo reprodutivo em mamoeiro (Carica papaya L.)* Campos dos Goytacazes (RJ), 74 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).
- Defani-Scoarize, M.A., Pagliarini, M.S., De Aguiar, C.G. (1996) Meiotic behavior of inbred lines of maize (*Zea mays* L.). *The Nucleus*, 39: 10-18.
- Freitas, L. F. (2010). *Análise meiótica comparativa entre plantas hermafroditas e masculinas de mamoeiro (Carica papaya L.)*. Monografia. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ.
- Gaburro, N. de O. P. (2007) *Estudo da letalidade gamética e zigótica associada à letalidade observada no mamoeiro (Carica papaya L.)* Campos dos Goytacazes (RJ), 47 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).
- Galen, C., Zimmer, K. A., Newport, M. E. A. (1987) Pollination in floral scent morphs of *Polemonium viscosum*: a mechanism for disruptive selection on flower size. *Evolution*, 41: 599-606
- Kaul, M.L.H., Nirmala, C. (1989) Cytogenetical basis of male sterility. *Plant Sci Res India*, 13: 251-269.
- Mascarenhas, J.P. (1992) Pollen gene expression: molecular evidence. *Int Rev Cytol*, 107: 3-16.

- Maués, M. M.; Couturier G.(2002) Biologia floral e fenologia de *Myrciaria dubia* no Estado do Pará. *Revista Brasileira Botânica.*, V.25, n.4, p.441-448
- McCormick S. (1993) Male gametophyte development. *The Plant Cell*, 5: 1265-1275.
- Ming,R., Yu,Q., Moore,P.H.(2007) Sex determination in papaya. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 18: 401–408
- Parés, J., Basso,C.,Jáuregui,D.(2002) Momento de antesis, dehiscencia de anteras y receptividad estigmática em flores de lechosa (*Carica papaya* L.) cv. Cartagena Amarilla. *Bioagro*.14 (1): 17-24p.
- Rodríguez, P., Galan, S., Herrero, M. (1990) Evaluation of papaya autogamy. *Fruits*, 45(4): 387-391p
- Santos, L.M.S; Pereira, T.N.S; Souza, M.M; Damasceno Júnior, P. C; Costa, F. R; Ribeiro, B. F; Freitas N. G; Pereira, M.G. (2008) Optical and ultrastructural study of the pollen grain development in hermaphrodite papaya tree (*Carica papaya* L.). *Braz. arch. biol. technol.* vol.51, n.3, pp. 539-545.
- Silva, L. A. C da; Pagliarini, M. S; Santos, S.A; Valle, C. B do. (2010) Receptividade dos Estigmas de Acessos da grama-do-cerrado (*Mesosetum chaseae* Luces), Pantanal. *5º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do pantanal.* Corumbá, MS. Disponível em <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/869600/1/038R.pdf>.
- Souza, M. M; Pereira, T.N.S; Martins, E. R. (2002) Microesporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Simsf. Flavicarpa Degener). *Ciência Agrotécnica.* Lavras 26: 1210.

Twell, D. (1995) Diphtheria toxin-mediated cell ablation in developing pollen: vegetative cell ablation blocks generative cell migration. *Protoplasma*, 187: 144-154.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Esta dissertação teve os objetivos de caracterizar a fenologia reprodutiva e a viabilidade gamética associada ao tamanho do botão em três genótipos elite de mamoeiro: 'Sunrise Solo 72/12', 'UENF/CALIMAN 01' e a linhagem JS 12. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com quatro repetições sendo a parcela constituída de quatro plantas/genótipo, totalizando 16 plantas por genótipo. Para a caracterização da fenologia, foram acompanhados seis botões florais por planta, registrado o período, em dias do transplante à emissão floral (EF), da emissão floral à antese (A), da antese ao início da frutificação (IF) e da frutificação à maturação do fruto (MF). Para a caracterização da viabilidade gamética, foi primeiramente determinado o tamanho do botão floral na antese e, a partir desta informação, foram coletados botões florais de tamanhos diferentes em ordem decrescente até 1 cm de comprimento em cada genótipo, tendo sido coletados cinco botões/tamanho/genótipo. Cada botão coletado teve a sua viabilidade gamética avaliada para ambos os órgãos. A viabilidade do gameta masculino foi realizada via solução tripla de Alexander e a do feminino, via receptividade do estigma, utilizando solução de alfa-naftil.

Com base nos dados obtidos e observados, chegou-se às seguintes conclusões:

1. O Híbrido UENF/CALIMAN 01, no estudo da fenologia, foi o mais precoce em número de dias para a emissão floral, abertura floral e formação do fruto maduro em relação aos outros dois materiais.

2. A cultivar SS 72/12 foi a que apresentou o ciclo mais longo em relação aos outros materiais estudados, com média de 241,57 dias, seguida do genótipo JS 12, com 238,02 dias e do híbrido UENF/CALIMAN 01, com 211,01 dias.

3. A ação gênica das características emissão floral, antese e maturação do fruto foi do tipo sobredominância e para início da frutificação, foi do tipo dominância parcial com a média tendendo para o genitor JS12.

4. Os estigmas estão receptivos a partir de 4 cm em UENF/CALIMAN 01, de 4 cm em SS 72/12 e de 5 cm na linhagem JS 12, enquanto os grãos de pólen estiveram viáveis a partir de 4 cm para todos os materiais estudados.

5. Esses estudos indicam que nos botões florais de mamoeiro em plantas hermafroditas com alta viabilidade polínica e estigmas receptivos pode ser que haja polinização antes da antese, indicando o mamoeiro como uma espécie cleistogâmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, P. (1969). Effect of seeds on fruit weight in. *Carica papaya*. *Agroplanta*, 1:163-170.
- Allan, P. (1963) Pollination of papaws. *Farming in South Africa*,38(11): 13-15.
- Aradhya, M. K., Manshardt, R. M., Zee, F., Morden, C. W. (1999) A phylogenetic analysis of the genus *Carica* L. (Caricaceae) based on restriction fragment length variation in a cp DNA intergenic spacer region. *Genetic resources and Crop Evolution*. 46: 579-586p.
- Arkle Junior, T.D.; Nakasone, H.Y. (1984) Floral differentiation in the hermaphroditic papaya. *Hort Science* 19: 832 – 834.
- Awada, M. e Ikeda, W.S. (1975) Effects of water and nitrogen application on composition, growth, sugars in fruits, yeld and sex expression of the papaya plants (*Carica papaya*). *Honolulu. Hawai: University of Hawai*, 16p. (Technical Bulletin, 33).
- Badillo V. M (2001) Nota correctiva Vasconcella St. Hil. Y no Vasconcella (Caricaceae). *Ernstia* 11 (1):75-76.

- Badillo V. M. (2000) *Carica L. vs Vasconcella St. Hil. (Caricaceae): con le rehabilitación de este ultimo. Ernstia 10:74-79.*
- Badillo, V. M.(1993) Caricaceae – Segundo esquema. *Revista de La facultad de agronomia de La Universidad Central da Venezuela. Macaray, p.64.*
- Badillo, V. M. (1971) Monografia de la familia *Caricaceae*. *Editorial Nuestra América C. A. Maracay Venezuela,221p.*
- Berilli, S. S.; Oliveira, J. G.; Marinho, A. B.; Lyra, G. B.; Souza, E. F.; Viana, A. P.; Bernardo, S.; Pereira, M.G (2007) Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. *Revista Brasileira de fruticultura, 29 (1): 011 – 014.*
- Cameron, B.G., Prakash, N. (1994) Variations of the megagametophyte in the Papilionoideae. *Advances in legume systemetic 6: Strutural Botany, 97-115.*
- Chan-tai,C; Yen, C.R; Chang,L.S; Hsiao, C.H e Ko, T.S.(2003) All hermaphrodite progeny are derived by self-pollinating the Sunrise papaya mutant. *Plant Breeding, 122: 431-434.*
- Costa, A. F. S.; Pacova, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. Dos S.; COSTA, A. De F. S. Da. *A cultura do mamoeiro – Tecnologia de Produção*, INCAPER, Vitória, ES, p. 59-102, 2003.
- Costa, F. R.; Pereira, T. N. S.; Hodnett, G. L.; Anderson, J. C.; Pereira, M. G.; Stelly, D. M.(2008) Fluorescent in situ hybridization of 18S and 5S rDNA in papaya (*Carica papaya* L.). *Plant and Animal Genome. XV Conference, San Diego, CA. p.153.*
- Couto, F.A.D.; Nacif, S.R. (1999) Hibridação em mamão. In: BORÉM, A. *Hibridação artificial em plantas*. Viçosa, MG: UFV, p. 307-329.

- Dafni, A. (1992) *Pollination ecology: a practical approach*. New York: Oxford University Press.
- Damasceno Júnior, P.C., Costa, F.R.; Pereira, T.N.S., Freitas Neto, M.; Pereira, M.G.,. (2009a) Karyotype determination in three Caricaceae species emphasizing the cultivated form (*Carica papaya* L.). *Caryologia*, v.62,p.10-15.
- Damasceno Júnior, P.C. , Pereira, T.N.S., Pereira, M.G., Silva, F.F, Souza, M.de M., Nicoli, R.G. (2009b) Preferential reproduction mode of hermaphrodite papaya plant (*Carica papaya* L.; *Caricaceae*). *Revista Brasileira Fruticultura - SP* 31(1): 182-189.
- Damasceno Júnior, P. C. (2008) *Estudos citogenéticos, genéticos e moleculares, como ferramenta auxiliar no melhoramento genético do mamoeiro*. (Tese doutorado) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do norte fluminense – UENF, 151p.
- Danner, M. A.; Citadin, I.; Sasso, S. A. Z.; Sachet, M. R.; Ambrósio, R. (2010) Fenologia da floração e frutificação de mirtáceas nativas da floresta com araucária. *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal - SP, 32.(1): 291-295.
- Dantas, J. L. L.; Dantas, A.C.V.L.; Lima, J.F. (2002) *Melhoramento de fruteiras tropicais*. Viçosa, UFV. p. 422.
- Dantas, J. L. L. (2000) Introdução. In: Trindade, A. V. *Mamão. Produção: aspectos técnicos*. Brasília: EMBRAPA-CNPMT, p.9.
- Falcão, M. A.; Paraluppi, N. D.; Clement, C.R.; Kerr, W. E.; Silva, M. F.(2001) Fenologia e produtividade do abacate (*Persea americana* Mill.) na Amazônia central. *Acta amazônica* 31(1): 3 – 9.
- Falcão, M. A.; Clement, C.R.(1999) Fenologia e produtividade do Abiu(*Pouteria caimito*) na Amazônia Central. *Acta Amazônica* 29(1); 3 – 11.

- FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. Statistical Databases. Disponível em: http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp. Acesso em: 25 e novembro de 2011.
- Ferregueti, G. A.; (2003) Caliman 01 – o primeiro híbrido de mamão Formosa brasileiro. *Simpósio Papaya Brasil*.
- Freitas, L. F. (2010). *Análise meiótica comparativa entre plantas hermafroditas e masculinas de mamoeiro (Carica papaya L.)*. Monografia. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ.
- Gaburro, N. de O.P.(2007) *Estudo da letalidade gamética e zigótica associada à letalidade observada no mamoeiro (Carica papaya L.)* Campos dos Goytacazes (RJ),47 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).
- Galen, C., Zimmer, K. A., Newport, M. E. A. (1987) Pollination in floral scent morphs of *Polemonium viscosum*: a mechanism for disruptive selection on flower size. *Evolution*, 41: 599-606
- Hofmeyr, J. D. J. (1939) Genetical studies of *Carica papaya L.*, *Africa Dept. Agric. For. Sci. Bul.*, 187: 1-64.
- Hofmeyr, J. D. J. (1938). Genetical studies of *Carica papaya*. I – The inheritance and relation of sex and certain plant characteristics. II – Sex reversal and se forms. *Union of South America, Dept. Agric. e For., Sci. Bull.*, n. 187, 1-64p.
- Horner, H. T.; Palmer, R. G. (1995). Mechanisms of genic male sterility. *Crop Science*, 35(6): 1527-1535p.
- Horovitz, S., Jimenez, H. (1967) Cruzamientos interespecificos e intergenéricos en Caricaceas y sus implicaciones fitotécnicas. *Agronomia Tropical* 17: 323-344.
- Horovitz, S., Zerpa, D. M., Arnal, H. (1953) Frecuencias de equilibrio de las formas sexuales en poblaciones de *Carica papaya L.* *Agronomia Tropical* 3: 149-174.

IBGE. (2011) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acessado em 18 de dezembro de 2011

Jardim, M. A. G.; Kageyama, P. Y.(1994) Fenologia da floração e frutificação em população natural de açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.), no estuário amazônico. *IPEF*, Piracicaba, n. 47, p. 62-65.

Kapil, R. N e Bhatnagar, A. K. (1981) Utrastruture and Biology of female gametophyte in florering plants. *International review of citology*, 70: 291-337.

Layne,R.E.C. (1983) Hibridization. In Moore,J. and Janick, J. (eds) Methods in fruit breeding. *Purdue University Press: ed. Darle Griffith*.48-65p.

Leão, P. C. de S; Silva, E. E. G (2003) Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 25, n. 3, p. 379-382.

Maheswari, P. (1950) *An introduction to the embryology of angiosperms*. New York: McGraw-Hill, 453p.

Marin, S. L. D., Gomes, J. A., Silva, J. G. F., Salgado, J. S. (1994) Variação sazonal da produção do mamoeiro do grupo solo na região Norte do Espírito Santo. In: *Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 13., 1994, Salvador.Resumos. Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura. v. 2, 665p.

Marin, S. L. D., Ruggiero, C. (1988) Toxicidade de inseticidas, acaricidas e fungicidas ao mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivar Solo. In: *Simpósio Brasileiro Sobre a Cultura do Mamoeiro*, 2., 1988, Jaboticabal, SP. Anais. Jaboticabal, SP: FCAV/UNESP, p. 219-228.

Martins, D. dos S; Costa, A. de F. S. da (2003) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Incaper, Vitória, ES. 497p.

Martins, D dos S.(2003) Aplicação do “systems approach” em áreas comerciais de mamão do grupo Formosa no estado do Espírito Santo para sua inclusão no

programa de exportação do papaya brasileiro para os Estados Unidos.
Simpósio Papaya Brasil.

Maués, M. M.; Couturier G.(2002) Biologia floral e fenologia de *Myrciaria dubia* no Estado do Pará. *Revista Brasileira Botânica*, V.25, n.4, p.441-448.

Mekako, H. U.; Nakasone, H. Y.(1975) Floral development and Compatibility studies of *Carica* Species. *Journal American society for horticultural science* 100(2): 145 – 148.

Ming, R., S. Hou, Y. Feng, Q. Yu, A. Dionne-Laporte, J. H. Saw, P. Senin, W. Wang, B. V. Ly, K. L. T. Lewis, S. L. Salzberg, L. Feng, M. R. Jones, R. L. Skelton, J. E. Murray, C. Chen, W. Qian, J. Shen, P. Du, M. Eustice, E. Tong, H. Tang, E. Lyons, R. E. Paull, T. P. Michael, K. Wall, D. Rice, H. Albert, M.-L. Wang, Y. J. Zhu, M. Schatz, N. Nagarajan, R. Agbayani, P. Guan, A. Blas, C. M. Wai, C. M. Ackerman, Y. Ren, C. Liu, J. Wang, J. Wang, J.-K. Na, E. V. Shakirov, B. Haas, J. Thimmapuram, D. Nelson, X. Wang, J. E. Bowers, A. R. Gschwend, A. L. Delcher, R. Singh, J. Y. Suzuki, S. Tripathi, K. Neupane, H. Wei, B. Irikura, M. Paidi, N. Jiang, W. Zhang, G. Presting, A. Windsor, R. Navajas-Perez, M. J. Torres, F. A. Feltus, B. Porter, Y. Li, A. M. Burroughs, M.-C. Luo, L. Liu, D. A. Christopher, S. M. Mount, P. H. Moore, T. Sugimura, J. Jiang, M. A. Schuler, V. Friedman, T. Mitchell-Olds, D. E. Shippen, C. W. dePamphilis, J. D. Palmer, M. Freeling, A. H. Paterson, D. Gonsalves, L. Wang, M. Alam. 2008. The draft genome of the transgenic tropical fruit tree papaya (*Carica papaya* Linnaeus). *Nature* 452:991-996.

Ming,R., Yu,Q., Moore,P.H.(2007) Sex determination in papaya. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 18: 401–408

Morellato, L. P. C (1987) *Estudo comparativo de fenologia de duas formações florestais na Serra de Japi, Jundiaí, São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo.

Nakasone, H.Y. and Paull, R. E. (1998). *Tropical Fruits*. CAB. International, Oxon, UK, 443 pp.

- Parés, J., Basso, C., Jáuregui, D. (2002) Momento de antesis, dehiscencia de anteras y receptividad estigmática em flores de lechosa (*Carica papaya* L.) cv. Cartagena Amarilla. *Bioagro*.14 (1): 17-24p.
- Pereira, M. G. (2003) Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): desenvolvimento e recomendação de híbridos. *Seahortes*, Alegre, v.1, n.1, p. 73 - 77, 2003.
- Qigyi, Y., Steiger, D., Kramer, E.M., Moore, P.H., Ming, R. (2008). Floral MADS-box Genes in Trioecious Papaya: Characterization of AG and AP1 Subfamily Genes Revealed a Sex –type- specific Gene. *Tropical Plant Biology* 1: 97-107.
- Rego, G. M.; Lavoranti, O. J.; Assumpção Neto, A. (2006). Monitoramento dos estádios fenológicos reprodutivos da cerejeira do mato. *Comunicado Técnico* 177. EMBRAPA FLORESTAS. 4pp
- Reiser, L.; Fisher, R. L. (1993) The ovule embryo sac. *Plant Cell*. 5: 1291-1301.
- Rodríguez, P., Galan, S., Herrero, M. (1990) Evaluation of papaya autogamy. *Fruits*, 45(4): 387-391p.
- Santos, L.M.S; Pereira, T.N.S; Souza, M.M; Damasceno Júnior, P. C; Costa, F. R; Ribeiro, B. F; Freitas N. G; Pereira, M.G. (2008) Optical and ultrastructural study of the pollen grain development in hermaphrodite papaya tree (*Carica papaya* L.). *Braz. arch. biol. technol.* vol.51, n.3, pp. 539-545.
- Santos, L.M. Da S. (2004) *Formação do gameta masculino em plantas hermafroditas de mamoeiro Carica papaya* L..Dissertação (Mestrado em produção vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Campos dos goytacazes.
- Sharma, H. C.; Bajpai, P. N. (1969) Studies on floral biology of papaya (*C. papaya* L.) Indian Journal. *Society horticultural Science* 3: 9 – 18.

Silva, R.P. da; Dantas, G.G.; Naves, R.V.; Cunha, M.G. da.(2006) Comportamento fenológico de videira, cultivar Patrícia, em diferentes épocas de poda de frutificação em Goiás. *Bragantia*, v.65, p.399-406.

Sippel, A.D.; Claassens, N. J. F.; Holtzhausen, L.C.(1969) Floral differentiation and development in *Carica papaya*, cultivar 'Sunrise solo'. *Scientia Horticulturae* .40(1): 23 – 33.

Storey, W. B. (1938) Segregation sex types in solo papaya and their application. To the selection of seed. *Proc. Soc. Hort. Sci.* 35: 83-85