

ASPECTOS GERAIS DO MELHORAMENTO DO MAMOEIRO

Adelaide de Fátima Santana da Costa

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia - Pesquisadora do Incaper, CEP. 29.052-010. Vitória- ES.
adelaide@incaper.es.gov.br

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) não teve seu centro de origem precisamente determinado, sendo discutido há muitos anos. Alguns autores mencionaram o fato de esta espécie ser originária do sul do México, enquanto outros autores sugeriram as terras baixas da América Central Oriental e as Antilhas. Entretanto, Badillo (1971) afirmou ser o centro de origem, muito provavelmente, o noroeste da América do Sul, o qual se apresenta como centro de origem de outras espécies do mesmo gênero. A maioria das espécies do gênero *Carica* se concentra na vertente oriental dos Andes, com diversidade genética máxima na Bacia Amazônica Superior, sendo o mamoeiro caracterizado, portanto, como tipicamente tropical.

Após a descoberta do Novo Mundo, o mamoeiro foi amplamente distribuído nos trópicos, principalmente África e Ásia, inicialmente por navegadores portugueses, espanhóis e, posteriormente, por mercadores árabes (HOEHNE, 1937, citado por MEDINA, 1995).

Atualmente, o mamão é uma espécie bastante disseminada em regiões edafoclimáticas favoráveis, sendo que sua distribuição pode se estender desde a latitude de 32 graus Norte até 32 graus Sul, porém as áreas comerciais se encontram distribuídas em latitudes mais restritas.

O mamoeiro é pertencente à classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e gênero *Carica*. Badillo (1993) propôs o Segundo Esquema de Taxonomia da Família Caricaceae, o qual vem complementar a Monografia publicada por Badillo (1971), incluindo os mais recentes trabalhos de classificação e tipificação das espécies (Badillo, 1971). Segundo esse autor, a família Caricaceae possui cinco gêneros e 34 espécies, nativas da zona neotropical, excetuando-se apenas duas da África Equatorial. Seriam 35, porém uma espécie do gênero *Carica* foi excluída por não possuir figura ilustrativa junto à publicação e haver homônimo dentro da classificação proposta por Badillo (1993). A distribuição do número de espécies nos cinco gêneros ocorre da seguinte forma: *Cylicomorpha* (duas espécies), *Jacaratia* (sete espécies), *Horovitzia* (uma espécie), *Jarilla* (três espécies) e *Carica* (21 espécies). O gênero *Carica* possui duas seções: seção *Carica* (*C. papaya*) e seção *Vasconcella* (20 espécies). A diferenciação das espécies da família Caricaceae ocorre basicamente devido à variabilidade genética das folhas, inflorescências, flores, frutos e sementes. Segundo Storey (1941), o genoma básico do gênero *Carica* é $n = 9$ cromossomas, ou seja, $2n = 18$, para a fase diplóide.

Dentro do gênero *Carica* a espécie *Carica papaya* L. é a única conhecida comercialmente. Algumas espécies, entretanto, possuem caracteres valiosos, que poderiam ser úteis em programas de melhoramento genético do mamoeiro da espécie *Carica papaya* L. Vários estudos têm sido realizados, principalmente buscando resistência a doenças, especialmente às viroses; visando incorporar genes de resistência ao germoplasma de *C. papaya*.

Outras características botânicas e comerciais, da planta e dos frutos, importantes para a cultura do mamão podem também ser aproveitadas, seja em métodos que utilizam autopolinizações, uma vez que estas comprovadamente não levam à perda de vigor, seja em hibridações entre genótipos pré-selecionados (variedades e linhagens), seguidas de seleção, autofecundação, retrocruzamentos (STOREY, 1941) e, modernamente, outros

métodos não convencionais, especialmente aqueles empregados pela biotecnologia.

O melhoramento genético pode contribuir para a melhoria da produtividade e qualidade de frutos, atendendo às exigências de mercados internacionais, especialmente, o europeu e americano, incrementando, por conseqüência, a rentabilidade e o nível socioeconômico do produtor rural.

DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE *Carica papaya* L.

A espécie *Carica papaya* L. possui plantas dióicas, monóicas ou hermafroditas, de crescimento rápido, caule normalmente indiviso, herbáceo-lenhoso, fistuloso nas regiões dos entrenós, succulento, ereto, marcado por grandes e numerosas cicatrizes foliares, terminando com um grupo denso de grandes folhas na região apical. Possui folhas alternadas, grandes limbos foliares (até 0,70 m de diâmetro), longo-pecioladas, lâminas ovais ou orbiculares, profundamente palmatilobadas, apresentando-se nervuras mais saliente na face abaxial. Os lobos foliares são geralmente inteiros ou sinuado-lobados, verde-claro-mate na face superior e verde-brancacento-pálido na face inferior, coberto por material ceroso, quase todos pinatifídios, os inferiores às vezes só com a margem externa apresentando um a dois lóbulos, ou totalmente inteiros. Os pecíolos são fistulosos, cilíndricos, verde-pálidos, às vezes vermelho-vinosos. As cicatrizes deixadas pelas folhas são bastante proeminentes. (BADILLO, 1993). O sistema radicular é pivotante, apresentando ramificações radiais, enquadrando-se no tipo de raiz principal denominada napiforme.

Basicamente, o mamoeiro apresenta três tipos de flores, as quais levam à classificação de plantas como femininas, masculinas e hermafroditas. De maneira geral, as flores hermafroditas têm uma inflorescência relativamente curta com predominância de flores hermafroditas; as plantas femininas têm uma inflorescência curta, a qual apresenta somente flores femininas; enquanto as plantas masculinas são caracterizadas pelo maior comprimento do pedúnculo, com muitas flores cimosas, com ovário rudimentar e estéril.

A descrição dos tipos de inflorescências e flores que ocorrem no mamoeiro é relatada por diversos autores, havendo diferenças relativas quanto às diversas partes das flores e seu conjunto, pela grande diversidade de formas florais existentes (STOREY, 1941; BADILLO, 1993). A descrição e classificação das variáveis sexuais de *C. papaya* diferem amplamente porque a expressão do sexo em hermafroditas é profundamente influenciada por diferenças entre cultivares e condições climáticas, principalmente temperatura, e pelas condições de umidade do solo (AWADA, 1958).

Excetuando-se as formas feminina pura e masculina pura, existe uma série contínua de variações de tipos florais, que vão desde flor com 10 estames e 5 carpelos a flor com 5 estames e 10 carpelos. (STOREY, 1938 e 1958). Essas variações, segundo Lassoudière (1969), poderiam resultar da relação morfogênética entre o androceu e o gineceu, que parece estar ligada a fatores microclimáticos no momento da indução floral.

O fruto do mamoeiro é descrito por Badillo (1993) como ovóide, esférico, ou piriforme, desde pequeno (2 a 10 cm de comprimento por 1,5 a 6 cm de largura) até muito grande (em cultivo), polpa amarela, alaranjada, ou avermelhada, geralmente oco. Em plantas silvestres, o interior pode ser completamente preenchido por sementes e massa placentária. As sementes são pequenas, 5 a 7 mm, sarcotesta mucilaginosa, lisa, esclerotesta (endotesta) com numerosas protuberâncias irregularmente dentadas, em formas de cristas meridianas agudas e irregulares, bastante próximas. O embrião é reto, com cotilédones ovóides e achatados, circundados por endosperma carnoso, rico em ácidos graxos. A germinação é relativamente rápida (duas a três semanas) e epígea.

TIPOS FLORAIS, FORMAS SEXUAIS E CLASSIFICAÇÃO DO MAMOEIRO

Os principais tipos sexuais de flores de mamoeiro, baseados nas descrições de Storey (1941) e Hofmeyer (1941), são descritos adiante.

FLOR ESTAMINADA OU MASCULINA TÍPICA

As flores masculinas podem apresentar coloração branco-cremosa, verde-amarelada ou amarela. Cálice com 1,0 a 1,5 mm de comprimento, com o tubo medindo 0,5 mm de comprimento; os lobos são triangulares largos, ou com o ápice redondo, freqüentemente desiguais, com 0,5 a 1,0 mm de comprimento. Corola saliforme com 2 a 5 cm de comprimento; o tubo da corola é estreito e quase tão longo quanto os lobos (1,2 a 1,3 cm), terminando com cinco pétalas livres na parte superior do tubo, estando localizados em seu interior os órgãos masculinos e femininos; lobos fortemente torcidos na prefloração, recobrimdo-se da metade à terça parte de sua largura. Estames do verticilo superior com filetes densamente pilosos, 1,7 a 2,5 mm de comprimento; anteras com 1,4 a 2,8 mm de comprimento, estreitas, pilosas quase até o ápice. O conectivo não é prolongado (embora às vezes seja mais largo que a antera), ou se prolonga apenas em apêndice curto e obtuso até 0,2 mm de comprimento, inteiro ou bilobado. Os estames do verticilo inferior têm filetes muito curtos (até 0,7 mm de comprimento) e pilosos; estes se unem à face dorsal da antera, sendo parcialmente cobertos por ela. Anteras prolongadas, em até 1/3 de longitude por debaixo de sua inserção no filete, dorsalmente pilosas quase até o ápice, com 1,7 a 3,8 mm de comprimento, estreitas, com conectivo não-prolongado ou apenas prolongado (até 0,7 mm). Apresenta pistilódio acicular, com 4 a 10 mm de comprimento, base curta, ainda que conspicuamente alargada. O órgão masculino é constituído de cinco pares de estames funcionais, soldados às pétalas e dispostos em duas séries, sendo cinco superiores e cinco inferiores, enquanto o órgão feminino possui ovário muito rudimentar e geralmente estéril.

As inflorescências masculinas são geralmente pêndulas, originárias das axilas das folhas da parte superior do mamoeiro, cimosas, paniculadas, multifloras, possuindo eixo primário com um comprimento variando de 0,50 m a 1,00 m, terminado por uma flor. Os eixos secundários longos (0,10 a 0,20 m), com a ráquis e seus ramos glabros (às vezes ligeiramente pubescentes até o ápice).

Os mamoeiros machos produzem somente flores estaminadas, durante todo o ano, porém as inflorescências, em determinadas condições climáticas, podem produzir algumas flores femininas férteis, e algumas flores hermafroditas, geralmente alongada, ocorrendo, conseqüentemente, desenvolvimento de frutos denominados "mamões-machos" ou "mamões-de-corda".

FLOR PISTILADA OU FEMININA TÍPICA

Flores femininas podem ser branco-cremosas, amarelo-pálidas ou amarelas, com pedicelos curtos, bractéola alongada próxima ao cálice e similar aos lobos deste. Cálice com tubo curto, lobos triangulares largos, geralmente pequenos, diferentes, com 5 a 10 mm de comprimento. Corola com pétalas quase livres, triangulares estreitas, 5 a 7 cm de comprimento, 1,5 a 2,5 cm de largura, com ápice recurvado, torcido e recobrimdo-se na pré-floração. Apresentam o formato semelhante ao de uma "chama de vela", com presença apenas do órgão feminino, constituído de ovário grande, mais ou menos ovóide ou arredondado, o qual se afunila para o ápice, unilocular, tendo até 3 cm de comprimento e 1,5 a 2,0 cm de largura; o ápice às vezes é atenuado, formando uma porção estilar, com até 1,0

cm de comprimento, e estigmas com 1,0 cm de comprimento, chatos, em forma de leque, em número de cinco.

As inflorescências femininas são curtas (3 a 4 cm), curto-pedunculadas (1 a 2 cm), inseridas nas axilas das folhas, com poucas flores (isoladas ou em número de duas a três), ráquis glabra ou às vezes com pêlos densos e curtos: brácteas inconspícuas.

As flores do mamoeiro feminino, para serem fecundadas, necessitam de pólen de flores masculinas ou hermafroditas, produzindo frutos arredondados ou ligeiramente ovalados, com cavidade interna grande em relação à espessura da polpa, e conseqüentemente de baixo valor comercial.

FLOR HERMAFRODITA

A flor hermafrodita, por não constituir um tipo único e definido, mas um grupo que inclui muitas formas, como a alongata, a intermediária e a pentandra, dá origem a formas diferentes de frutos, sendo alguns deles deformados e sem valor comercial, como os frutos carpelóides e pentândricos.

Flor Hermafrodita Elongata

Este tipo de flor hermafrodita, da qual se originam frutos de valor comercial, apresenta pedúnculos curtos, localiza-se nas axilas das folhas, em racimos florais, como as flores femininas. São flores perfeitas, de diâmetro pequeno, medindo de 2,5 a 4,0 cm de comprimento e 1,5 a 2,0 cm de espessura. Corola gamopétala, com pétalas soldadas na base da corola até quase a metade de seu comprimento, quando abertas. Os estames são em número de 10, todos funcionais, dispostos em duas séries no ápice do tubo da corola, sendo cinco alternos às pétalas e cinco opostos a estas; o pistilo é geralmente composto de cinco carpelos; ovário alargado na base, com diâmetro muito menor que o das flores femininas típicas, cujo formato é semelhante a uma "lâmpada", quando a flor está fechada. Os frutos são de forma sempre alongada, mas variações na forma piriforme a cilíndrica são encontradas. Geralmente, a cavidade interna é menor do que a metade do diâmetro do fruto.

Flor Hermafrodita Carpelóide

Agrupada, segundo Storey (1941), como flor hermafrodita intermedia, por não possuir uma organização definida, sendo um grupo que inclui muitas formas anormais. Tanto as flores como os frutos são variadamente deformados ou distorcidos.

As pétalas podem ser quase livres ou conectadas em vários graus, mas não necessariamente em forma simétrica. O número de estames pode variar de 2 a 10, variando o grau de fusão às pétalas, ao ovário ou a ambos. Os carpelos variam de 5 a 10, mostrando vários graus de fusão. Os frutos carpelóides são chamados vulgarmente de frutos "cara-de-gato".

Flor Hermafrodita Pentândrica

Assemelha-se muito às flores femininas, em tamanho e aspecto externo, diferindo por possuir cinco estames curtos, os quais se alternam às pétalas. Apresentam uma corola estreita, com pétalas livres quase até a base. Possui estames de filamentos longos que se inserem em sulcos profundos na parede do ovário, os quais persistem no fruto maduro, que é arredondado ou globular e profundamente 5-lobado. A cavidade interna é grande em relação

à espessura da polpa, com sulcos longitudinais bem pronunciados na casca dos frutos.

Flor Hermafrodita Estéril

Estas flores não desenvolvem o ovário em determinadas condições climáticas. Diferem das flores masculinas por possuírem pedúnculos curtos, inseridos nas axilas foliares. Esta anomalia das flores hermafroditas alongadas, denominada esterilidade feminina, ocorre durante os meses quentes do ano, sendo intensificada por déficit hídrico nas regiões produtoras, comprometendo a produção de frutos.

De acordo com o tipo de flores produzido, a espécie *C. papaya* possui as seguintes formas sexuais (HOROVITZ et al., 1953):

- ginóica: constituída de mamoeiros com flores exclusivamente femininas;
- andróica: constituída de mamoeiros com flores exclusivamente masculinas; e
- andromonóica: constituída de mamoeiros que têm em suas inflorescências uma mistura de flores masculinas e hermafroditas.

E, conseqüentemente, segundo os mesmos autores, de acordo com as formas sexuais dos indivíduos que compõem as populações, a espécie *C. papaya* pode ser agrupada em:

- populações dióicas: constituídas por indivíduos ginóicos e andróicos. São mamoeiros originados dos cruzamentos de plantas do sexo masculino com plantas do sexo feminino, produzindo plantas dos dois sexos em iguais proporções.
- populações ginóico-andromonóicas: constituídas por indivíduos ginóicos e andromonóicos.
- populações andromonóico-trióicas: constituídas por indivíduos ginóicos, andróicos e andromonóicos.

Basicamente, as plantas dióicas não são cultivadas comercialmente, sendo encontradas somente em pomares domésticos, em regiões sem tradição com a cultura, sendo conhecidas como “mamão-de-quintal”, e “mamão-de-passarinho”. Os mamoeiros ginóicos-andromonóicos são originários de cruzamentos entre plantas hermafroditas, as quais são capazes de se autofecundar por apresentarem órgão masculino e feminino na mesma flor, não necessitando de pólen de outras flores ou plantas para produzir frutos e sementes. Estas são as mais desejáveis comercialmente. Os cultivares de grupo Solo e do grupo Formosa apresentam esta característica.

HERANÇA GENÉTICA DO MAMOEIRO

HERANÇA GENÉTICA SEXUAL

Por meio do estudo da herança do sexo do mamoeiro (STOREY, 1941 e 1953; HOROVITZ et al., 1953; HOROVITZ, 1954; HOLFMEYR, 1941 e 1967), verificou-se o controle genético do caráter monogênico, com três alelomorfos, sendo as plantas femininas constituídas do genótipo homocigoto recessivo (alelo *m*) e as plantas masculinas e hermafroditas heterocigotas, porém um alelo dominante é responsável pela masculinidade e outro alelo dominante pelo hermafroditismo.

Storey (1953) e Holfmeyr (1941) propuseram hipóteses semelhantes sobre a determinação do sexo em *C. papaya*. Segundo esses autores, *m* determina o caráter feminilidade, *M₁* masculinidade e *M₂* hermafroditismo, ocorrendo as combinações para os genótipos a seguir:

- *mm* - Indivíduos ginóicos ou pistilados (Plantas femininas)
- *M₁m* - Indivíduos andróicos (Plantas masculinas)
- *M₂m* - Indivíduos andromonóicos (Plantas hermafroditas)

As combinações $M_1 M_1$, $M_1 M_2$ e $M_2 M_2$ são incompatíveis, naturalmente, por serem letais no zigoto. A única forma homozigótica viável é a feminina (mm). As plantas masculinas e hermafroditas são heterozigotas; as plantas masculinas só produzem pólen de constituição m e M_1 ; e as plantas hermafroditas produzem duas classes diferenciadas, tanto de pólen quanto de óvulos (m e M_2).

A seguir, são descritas as formas sexuais, com a percentagem de plantas esperadas na descendência de cruzamentos entre diferentes tipos de mamoeiros, segundo Storey (1953), trabalhando com fecundações controladas:

- Cruzamento de flores femininas (mm) por flores masculinas ($M_1 m$). Quando uma planta feminina, que só possui flores unissexuais pistiladas, for polinizada com pólen de flores de mamoeiros masculinos, as sementes que se formarem darão origem a uma descendência de aproximadamente 50% de plantas femininas e 50% de plantas masculinas.

- Cruzamentos de flores hermafroditas ($M_2 m$) por flores masculinas ($M_1 m$). Sempre que as flores de uma planta hermafrodita forem polinizadas com pólen de uma planta masculina, as sementes obtidas de seus frutos produzirão uma geração de descendentes em uma proporção de aproximadamente 33% de plantas masculinas, 33% de plantas femininas e 33% de plantas hermafroditas.

- Cruzamento de flores femininas (mm) por flores hermafroditas ($M_2 m$). Se as flores de uma planta feminina, que só possuem flores unissexuais pistiladas, forem fecundadas por pólen de uma planta hermafrodita, as sementes resultantes produzirão nova geração com aproximadamente 50% de plantas femininas e 50% de plantas hermafroditas.

- Cruzamento de flores hermafroditas ($M_2 m$) por flores hermafroditas ($M_2 m$). Quando uma flor hermafrodita for fecundada por seu próprio pólen (autofecundação), ou pelo pólen de outra flor da mesma planta, ou ainda pelo pólen de outra planta hermafrodita, as sementes provenientes desses cruzamentos produzirão uma descendência em uma proporção de, aproximadamente, 33% de plantas femininas para 66% de plantas hermafroditas, isto é, uma planta feminina para duas plantas hermafroditas.

De todos os cruzamentos anteriormente citados, o de flores provenientes de plantas hermafroditas por hermafroditas é o que proporciona maior população de plantas hermafroditas, sendo estas as que produzem frutos de melhor qualidade e maior valor comercial.

HERANÇA GENÉTICA DE CARACTERES QUALITATIVOS

Com relação aos caracteres qualitativos, os genes mutantes de mamoeiro têm sido estudados por diferentes autores (STOREY, 1953; BRAUN, 1960; MEKAKO e NAKASONE, 1976). O controle genético dos principais caracteres qualitativos do mamoeiro pode ser observado resumidamente na Tabela 1.

TABELA 1 – Genes mutantes de mamoeiro para caracteres qualitativos

Genes mutantes do mamoeiro	
Alelos dominantes	Alelos recessivos
Planta normal de cor verde	Planta albina
Planta adulta normal	Planta anã (ramos prematuros em excesso)
Planta grande	Planta pequena
Folha normal	Folha defeituosa
Folha normal	Folha rugosa
Ramos e pecíolos roxos	Ramos e pecíolos verdes
Flor de cor amarela	Flor de cor branca
Flor de cor branca e púrpura	Flor de cor amarela
Esterilidade feminina	Sem esterilidade feminina
Fruto carpelóide	Fruto normal
Cor vermelha da casca do fruto	Cor amarela da casca do fruto
Cor laranja da casca do fruto	Cor vermelha da casca do fruto
Fruto com polpa amarela	Fruto com polpa vermelha
Fruto com polpa alaranjada	Fruto com polpa vermelha
Fruto com polpa suculenta	Fruto com polpa seca
Odor normal da polpa do fruto	Polpa do fruto com odor almíscar
Sementes com tegumento de cor parda	Sementes com tegumento de cor preta
Frutificação tardia	Frutificação precoce

Fonte: Storey (1953), Braun (1960) e Mekako e Nakasone (1976).

CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS NO PROCESSO DE SELEÇÃO DO MAMOEIRO

Para o desenvolvimento de um programa de melhoramento e para se atingir os objetivos finais, é necessária uma definição prévia sobre os critérios de seleção para as características demandadas pelos clientes e usuários. Isso porque há diferenciação, tanto na preferência do produto pelo empreendedor rural e consumidor quanto na adaptabilidade e estabilidade fenotípica das variedades, condições climáticas e outros fatores relacionados à região onde se executa o programa.

Nesse sentido, alguns caracteres das plantas e dos frutos, que devem ser utilizados nos programas de melhoramento em diferentes regiões, são citados por vários autores (LUNA, 1986; GIACOMETTI e FERREIRA, 1988; NASSAR, 1991), a saber:

- Características da planta

Vigor; ausência de ramificação lateral; frutificação precoce e em altura de planta mais baixa; ausência ou ocorrência mínima de carpeloidia, pentândria e esterilidade feminina, onde os tipos hermafroditas são cultivados; resistência a doenças e pragas; e alta capacidade de produção.

- Características do fruto

Tamanho uniforme, livre de manchas, com casca amarelo-clara quando maduro; polpa grossa com cavidade interna pequena; alto teor de açúcares, ausência do odor desagradável almíscar e longevidade pós-colheita.

ESTRATÉGIAS PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO

A dependência externa de germoplasmas melhorados de mamão pelo Brasil é uma realidade, há muitos anos. Os programas de melhoramento genético se tornaram prioritários, em diferentes instituições nacionais de pesquisa, contando com parcerias entre as instituições públicas de pesquisa, empresas privadas, universidades e associações nacionais de produtores. Portanto, para reduzir aquela dependência, o intercâmbio e introduções de genótipos têm evoluído entre as instituições do País.

MELHORAMENTO CONVENCIONAL

Mesmo com a evolução dos métodos de engenharia genética, o melhoramento convencional continua sendo de grande importância para o desenvolvimento e a manutenção de variedades com características superiores.

O melhoramento convencional do mamoeiro foi amplamente divulgado por Storey (1953 e 1976), Nakazone (1980) e Giacometti (1986 e 1988), consistindo basicamente nos seguintes procedimentos:

Coleta de genótipos

A coleta de materiais genéticos com características superiores é primordial para a formação da base do programa de melhoramento. As características destes materiais devem ser criteriosamente determinadas, de acordo com descritores detalhados, podendo-se utilizá-los para a seleção de genótipos desejáveis, para utilização, por exemplo, como genitores em cruzamentos futuros.

Cruzamentos intra-específicos

Os retrocruzamentos são utilizados quando se necessita melhorar, especificamente, apenas uma característica de uma variedade comercial "defeituosa" em apenas poucos genes (em geral monogênica).

Outros métodos devem ser utilizados quando se deseja selecionar caracteres controlados, em geral, por vários genes (poligenes), em detrimento dos retrocruzamentos, preferindo-se métodos como *Pedigree* (método genealógico); método descendente de uma única semente, mais conhecido como *Single Seed Descent* (SSD), podendo sofrer modificações; Teste de Gerações Precoces, em que se selecionam as plantas com combinações desejáveis, oriundas dos genitores contrastantes (BORÉM, 2001).

Processos de seleção de plantas e de progênies devem ser efetuados para, simultaneamente, unir caracteres desejáveis, procurando-se atender as demandas das regiões produtoras.

Teste de competição

Nos testes de competição de genótipos selecionados em gerações avançadas (F_7 , F_8), deve-se proceder a avaliações em campo, ou seja, deverão ser avaliados preliminar e regionalmente, antes de se avaliar em macroparcelas (ou teste de produtores). Estes testes devem ser realizados em locais com diferentes condições climáticas e em diferentes anos, para se analisar a interação genótipo-ambiente, a fim de, posteriormente, melhor recomendar a liberação de novos cultivares.

Capacidade combinatória de linhagens para produção de híbridos

O interesse por sementes híbridas produzidas internamente no País tem aumentado, principalmente para o grupo Formosa, para reduzir a dependência dos produtores por sementes importadas.

No teste da capacidade combinatória de uma linhagem, deve-se considerar a capacidade geral e específica de combinação. A capacidade geral pode ser medida, sendo devida à ação aditiva de vários genes. A capacidade específica inclui todos os efeitos não aditivos, como o efeito de dominância atuando no controle dos caracteres.

É preciso conhecer essas capacidades de combinação entre os genitores envolvidos nos cruzamentos, buscando selecioná-los para definir combinações híbridas que resultarão em maior sucesso, com o desenvolvimento de descendentes que reúnam as características desejáveis, em menor período de tempo e, conseqüentemente, com melhor aplicação dos recursos financeiros.

Trabalhos buscando a obtenção de híbridos do grupo Formosa estão sendo realizados por diferentes instituições de pesquisa, como: Incaper, Embrapa - Mandioca e Fruticultura (CNPMP) e Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF- RJ).

MELHORAMENTO NÃO-CONVENCIONAL

A engenharia genética é uma das técnicas aplicadas na biotecnologia que pode ser utilizada para explorar o potencial dos vegetais, permitindo mudanças diretas ou indiretas no gene e nas freqüências genotípicas, podendo ser vista como uma verdadeira revolução na área de melhoramento genético. Permite a “construção” de variedades que jamais ou muito demoradamente seriam obtidas pelo melhoramento convencional, pois, em geral, as espécies envolvidas na transferência do gen (alelo) interessado não se cruzam naturalmente, por questões de diferença no número diplóide ($2n$) e, ou, não pareamento de cromossomos na meiose.

Para a finalidade específica de melhoramento genético vegetal, a planta transgênica, oriunda da utilização de técnicas da engenharia genética, pode ser um fim ou um meio. Essa planta pode por si só constituir-se num indivíduo agroeconomicamente vantajoso ou ser uma ferramenta para a obtenção de cultivares melhorados. Neste caso, a transferência das características genéticas advindas da prévia incorporação dos genes exógenos dos tipos parentais para as novas gerações seria efetuada via melhoramento convencional.

A ocorrência de plantas transgênicas vem se processando naturalmente durante a evolução das espécies, mas foi impulsionada com a chegada da biotecnologia e da engenharia genética.

Em mamoeiro, o primeiro transgênico resistente ao vírus da mancha-anelar, também conhecido como mosaico (PRSV-p), foi obtido na década de 90, em trabalho de parceria entre a Universidade de Cornell, Universidade do Havaí e a empresa UpJohn, nos Estados Unidos (FITCH et al., 1992). A planta obtida expressava o gene da capa proteica de um isolado havaiano de PRSV-p mostrando-se resistente aos isolados do Havaí, porém era susceptível a isolados de outras regiões, inclusive do Brasil (TENNANT et al., 1994).

A Embrapa – Mandioca e Fruticultura estabeleceu um acordo de parceria com a Universidade de Cornell para desenvolver mamoeiro transgênico resistente aos isolados brasileiros de PRSV-p (SOUZA JUNIOR, 2000). Para tanto, foi coletado um isolado de PRSV-p na região produtora do extremo sul da Bahia, o qual foi utilizado como doador de gene da capa proteica empregado em novos trabalhos de transformação de mamoeiro. Alguns desses novos mamoeiros, expressando o gene do isolado brasileiro, mostraram resistência ao isolado doador e aos isolados do Havaí e da Tailândia.

Segundo Souza Junior (2000), a Embrapa tem como objetivo produzir um mamoeiro transgênico com amplo espectro de resistência aos isolados brasileiros. Para isso, foi instalado um banco representativo de

isolados do Brasil, que está sendo objeto de estudo da viabilidade do gene da capa proteica. Paralelamente, as plantas resistentes ao isolado doador do trans(gene) de interesse estão tendo seu espectro de resistência testado contra os diversos isolados constituintes desse banco (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia – Cenargen).

USO DE PLANTAS CLONAIS NO MELHORAMENTO GENÉTICO

A utilização de propagação vegetativa através de estaquia constitui uma importante prática para a obtenção de plantas clonais, com características idênticas à planta matriz. Na cultura do mamão, a regeneração de plantas a partir de ramos vegetativos destacados da planta matriz e submetidos a condições apropriadas tornou-se uma realidade com trabalhos de pesquisa desenvolvidos por Allan, em 1960 (ALLAN, 1995), sendo testados, com resultados positivos, para cultivares do grupo Solo e para o híbrido Tainung 01 (COSTA e COSTA, 1996).

A utilização de mudas provenientes de estaquia, além de produzir indivíduos idênticos à planta-mãe, pode ser uma ferramenta para acelerar tanto o processo de melhoramento genético convencional quanto o não-convencional.

PERSPECTIVAS DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO MAMOEIRO

As variedades do grupo Solo, mesmo apresentando elevado grau de autopolinização, devem sua continuada existência, sem perda de pureza genética, ao fato de as sementes, de cada geração, serem produzidas por polinização artificial. Muitas destas variedades que são utilizadas comercialmente talvez já não existam em sua forma original, encontrando-se miscigenadas por sucessivas gerações de polinização aberta. Os cruzamentos naturais podem induzir à produção de plantas com perdas de características genéticas, podendo levar a: frutificação tardia, porte elevado e altos índices de esterilidade feminina, pentândria e carpeloidia, além de produzir frutos de baixa qualidade, muito sensíveis ao transporte, com polpa fina, consistência mole e de sabor variável (LUNA, 1976).

O Melhoramento Genético Convencional, com o objetivo de gerar genótipos superiores aos atuais (variedades e híbridos), com elevada produtividade, adaptados, resistentes e, ou, tolerantes às principais pragas e doenças, com características agrônômicas e comerciais desejáveis, principalmente com frutos com alto padrão de qualidade, para atender o mercado interno e a exportação, vem sendo desenvolvido no Brasil e mais efetivamente no Espírito Santo, sendo constituído por diferentes etapas:

- Seleção massal e obtenção de progênies
- Obtenção de híbridos
- Ensaios de competição de genótipos superiores

SELEÇÃO MASSAL E OBTENÇÃO DE PROGÊNIES

No estado do Espírito Santo o processo de Seleção Massal Estratificada tem sido desenvolvido por meio de acompanhamento, com posterior coleta de frutos de material genético superior, selecionados em áreas de produção do mamoeiro 'Sunrise Solo', 'Improved Sunrise Solo Line 72/12', 'Baixinho de Santa Amália' e 'Tainung 01'.

A realização de estratificação tem como objetivo minimizar as diferenciações ambientais existentes, principalmente de características físico-químicas do solo, visando minimizar qualquer variabilidade que possa

interferir na eficiência do processo de seleção de plantas, para as características desejadas, garantindo maior expressão genotípica.

Após a Seleção Massal Estratificada, são realizados ciclos de Seleção Massal, seguidos de Testes de Progênie. São identificadas e separadas as progênie superiores, para a Composição de Famílias. As melhores progênie são autofecundadas por 3-4 gerações para obtenção de linhagens melhoradas. As linhagens endogâmicas produzidas são avaliadas quanto ao comportamento *per se*, mediante ensaios de competição, e a sua capacidade de combinação para gerar híbridos superiores.

Tem sido utilizado o método de Seleção entre e dentro de Famílias de Meios-irmãos para a obtenção de progênie. São selecionadas as melhores plantas entre e dentro de progênie, mediante avaliação de diferentes variáveis fenotípicas, com pressão de seleção variando de 10 a 20%, conforme a evolução desta fase. Em seguida, as progênie superiores entram em avaliações preliminares. Também as melhores progênie são autofecundadas por 3-4 gerações para obtenção de linhagens melhoradas. Essas linhagens endogâmicas produzidas são avaliadas quanto ao comportamento *per se*, por meio de ensaios de competição, e a sua capacidade de combinação para gerar híbridos superiores.

OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS

Os híbridos são formados pelo cruzamento dialélico das melhores linhagens, dentro de cada grupo Solo e Formosa. Também são formados híbridos de linhagens entre os grupos, objetivando-se produzir frutos com características intermediárias aos dois grupos, principalmente no que se refere ao tamanho de frutos (tamanho médio) e frutos com boa consistência de polpa. Posteriormente, os melhores híbridos são também avaliados em Ensaios de Competição.

ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES

Ensaio de Competição Preliminar

É composto pelas Linhagens e Híbridos Superiores selecionados nas fases anteriores, para verificar preliminarmente seu comportamento em relação às variedades regionais, em poucos ambientes.

Ensaio de competição em rede

Os materiais genéticos que se sobressaírem na competição preliminar, por meio da análise conjunta dos caracteres, serão avaliados no Ensaio de Competição em Rede, conduzido em municípios representativos das condições edafoclimáticas da região produtora. A repetição em vários ambientes (anos e locais) dos genótipos serve para estimar o efeito da interação genótipo x ambiente, bem como a adaptabilidade ambiental, para garantir a recomendação mais acurada de novas variedades.

As características que têm sido determinadas no programa estão relacionadas a seguir:

Referentes à planta:

- Altura da primeira floração
- Altura dos primeiros frutos

- Altura da planta
- Diâmetro do caule
- Tempo da sementeira a colheita
- Grau de esterilidade
- Grau de carpeloidia
- Grau de pentândria
- Capacidade de produção por planta
- Resistência/tolerância a doenças e pragas

Referentes aos frutos:

- Forma
- Peso
- Diâmetro e comprimento do fruto
- Espessura e comprimento da polpa
- Número de sementes
- Cor da casca
- Cor da polpa
- Análise física: teor de sólidos solúveis
- Sabor de polpa
- Resistência/tolerância a doenças
- Danos fisiológicos

REFERÊNCIAS

- ALLAN, P. Propagation of 'Honey Gold' papayas by cuttings. **Acta Horticultural**, v. 370, p. 99-102, 1995 (International Symposium on Tropical Fruits).
- AWADA, M. Relationships of minimum temperature and growth rate with sex expression of papaya plants (*Carica papaya* L.) **Hawaii Agricultural Experiment Station**, 1958. 16p. (Technical Bulletin, 38).
- BADILLO, V. M. **Monografia de la familia Caricaceae**. Maracay -Venezuela: Editorial Nuestra América C.A., 1971. 221p.
- BADILLO, V. M. Caricaceae: segundo esquema. **Review Facultad de Agronomia**, Maracay, v. 43, p.1 - 111, 1993.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2001. 500 p.
- BRAUN, W. A. C. Sugestões para o melhoramento genético de mamão. **Agronomia**, v. 18, n. 4, p. 3 -15, 1960.
- COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da Propagação Vegetativa do Mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., 1996, Curitiba. **Resumos...**, Curitiba: SBF, 1996. p. 289.

FITCH, M. M. M.; MANSARDT, R.; GONSALVES, D.; SLIGHTOM, J.; SANFORD, J. Virus resistant papaya plants derived from tissues bombarded with the coat protein gene of papaya ringspot virus. **Bio/Technology**, n.10, p.1466-1472, 1992.

GIACOMETTI, D. C. Papaya breeding. Symposium on Tropical and Subtropical Fruit Breeding. **Horticultural Science**, v. 196, p. 53-60, 1986.

GIACOMETTI, D. C.; FERREIRA, F. R. Melhoramento genético do mamão no Brasil e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2., Jaboticabal. **Anais...**, Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. p. 377 - 387.

HOFMEYR, J. D. J. Genetics of *Carica papaya* L. **Chron. Bot.**, v. 6, p. 246-247, 1941.

HOFMEYR, J. D. J. Some genetic breeding aspects of *Carica papaya*. **Agricultura Tropical**, Venezuela, v. 4, n.1, p. 345-351, 1967.

HOROVITZ, S. Determinación del sexo en *Carica papaya* L., estructura hipotética de los cromossomas sexuales. **Agricultura Tropical**, Venezuela, v. 2, n. 4, p. 229-249, 1954.

HOROVITZ, S.; ZERPA, D. M.; ARNAL, H. Frecuencias de equilibrio de las formas sexuales en poblaciones de *Carica papaya* L. **Agricultura Tropical**, Venezuela, v. 3, n. 3, p. 149-174, 1953.

LASSOUDIÈRE, A. Le papayer. **Fruits**, v. 24, n. 2, p. 105-113, 1969; v. 24, n.11/12, p.491-502, 1969.

LUNA, J. V. U. Comportamento de variedades e seleções de mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 3., 1975, Rio de Janeiro. **Anais ...** Campinas: SBF, 1976. v. 2, p. 525-533.

MEKAKO, H. U.; NAKAZONE, H. Y Inheritance of eight characters in intra and interspecific crosses among five *Carica* species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.101, n. 1, p. 14 - 19, 1976.

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, J. M. M. S.; DE MARTIN, Z. J.; NIZIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. rev. e ampl., Campinas: ITAL, 1995. p. 1-177.

NAKASONE, H. Y. Melhoramento de Mamão do Havaí. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 1., 1980, Jaboticabal. **Anais ...** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1980. p. 275-287.

NASSAR, N. M. A. **Melhoramento genético de plantas frutíferas e de mandioca**. Thesaurus, Brasília, 1991. 98 p.

SOUZA JUNIOR., M. T. Mamão transgênico. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. n. 13, ano 2. p. 132-137, mar. – abr. 2000 (Encarte Especial).

STOREY, W. B. The botany and sex relations of the papaya. In: STOREY, W. B.; JONES, W. V. (Ed.) **Papaya production in the Hawaiian Islands, Part 1.**, Hawaii Agricultural Experiment Station, p. 5-22, 1941 (Technical Bulletin, 87).

STOREY, W. B. Genetics of the papaya. **Journal of Heredity**, Washington, v. 44, n. 2, p. 70-78, 1953.

STOREY, W. B. Segregation sex types in solo papaya and their application to the selection of seed. **Proceedings America Society for Horticultural Science** v. 35, p. 83-85, 1938.

STOREY, W. B. Modification of sex expression in papaya. **Horticultural Advance**, v. 2, p. 49-60. 1958.

STOREY, W. B. Papaya, *Carica papaya*. In: SIMMONDS, N. W. (Ed.) **Evolution of Crop Plants**. New York: London, Longman, 1976. p. 21-24.

TENNANT, P. F., GONSALVES, C., LING, K. S., FITCH, M. M. M., MANSCHARDT, R., SLIGHTOM, J. L.; GONSALVES, D. Differential protection against papaya ringspot virus isolates in coat protein gene transgenic papaya and classically cross-protected papaya. **Phytopathology**, v. 84, n. 11, 1359-1366. 1994.