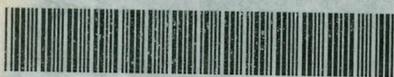


A cultura da mangueira.

2002

LV-PP-2002.00232



CPATSA-25080-3

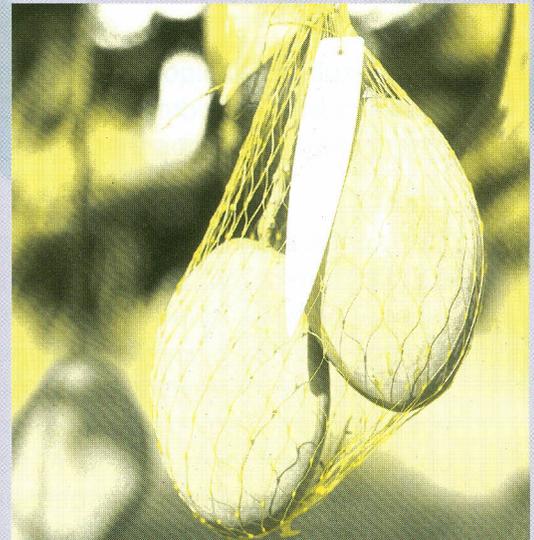
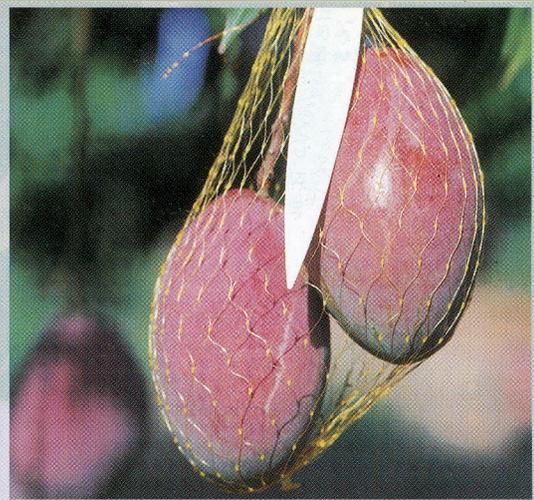
A Cultura da Mangueira

Editores Técnicos
Pedro Jaime de Carvalho Genú
Alberto Carlos de Queiroz Pinto

00232

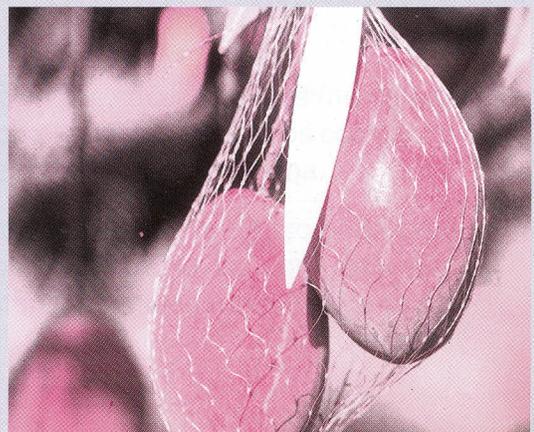
Embrapa

Capítulo 4



Melhoramento Genético

Alberto Carlos de Queiroz Pinto
Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza
Carlos Jorge Rossetto
Francisco Ricardo Ferreira
João Gomes da Costa





Introdução

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das principais frutas tropicais produzidas no Brasil, com uma produção total de 500 mil toneladas (FAO, 2001a). Embora a área cultivada tenha crescido nos últimos anos, a produção não tem acompanhado esse crescimento (Agriforum, 2000).

A base comercial da mangicultura brasileira, no entanto, está alicerçada apenas em algumas poucas cultivares, todas de origem americana e, entre elas, a Tommy Atkins é responsável por cerca de 80% da área plantada (Pinto, 1996; Pinto & Ferreira, 1999). Apesar das várias características agrônômicas positivas apresentadas por essa cultivar, como a excelente coloração do fruto, sua relativa resistência a doenças e aceitável vida de prateleira, sua elevada suscetibilidade à malformação floral, colapso interno da polpa e má qualidade do fruto quanto ao sabor têm sido bastante contestadas. A grande responsabilidade do melhorista de manga é aumentar a disponibilidade de variedades que reúnam as melhores características agrônômicas e comerciais, diminuindo a vulnerabilidade, hoje existente, nessas grandes áreas de cultivos monoclonais, os quais podem ser destruídos totalmente pelo ataque de uma praga ou doença específica sobre essa variedade (Pinto & Ferreira, 1999). Outras cultivares, como a Haden, a Keitt, a Kent, a Van Dyke e a Rosa, também têm sido plantadas, porém, em escala bem menor.

Para tanto, é fundamental a ampliação da atual base genética existente, por meio, principalmente, da introdução de novos materiais genéticos, da sua utilização apropriada e da aplicação de métodos eficientes de melhoramento, além do emprego das modernas técnicas em biotecnologia, para auxiliar no processo de identificação e seleção de genótipos superiores.

O objetivo deste capítulo é discorrer sobre o melhoramento genético da mangueira, enfocando os recursos genéticos e sua utilização, os mecanismos reprodutivos, os principais métodos de melhoramento atualmente em uso, bem como outros métodos de uso potencial e, ainda, os recentes progressos obtidos com a utilização de cada método. Finalmente, aborda-se o emprego de marcadores moleculares, tanto na identificação e caracterização do germoplasma, como no melhoramento genético propriamente dito.

Citogenética da Mangueira

A mangueira é considerada uma espécie aloploplóide, mais provavelmente um anfidiplóide, ou seja, um poliplóide constituído por dois complementos somáticos completos de duas espécies diferentes, sendo, predominantemente, uma espécie alógama.

A *Mangifera indica* é a espécie de maior estabilidade no número de cromossomos ($2n = 40$), embora Singh (1969) cite a ocorrência de plantas tetraplóides com mais alto número de cromossomos ($2n = 2x = 80$). A variação existente em mangueira, mesmo entre

as enxertadas, é confirmada pelo polimorfismo detectado por meio de quatro enzimas isoladas de tecidos de folhas de mangueira (Gan et al. 1981).

O estudo citogenético proporcionou evidências de que há um grande potencial no melhoramento da manga quando se usa outras espécies do gênero *Mangifera*, visando à obtenção de híbridos interespecíficos de importância agrônômica e comercial (Mukherjee, 1963). A *Mangifera odorata* pode ser usada como porta-enxertos ou como progenitor nos trabalhos de cruzamentos, visando à obtenção de híbridos interespecíficos com excelente adaptação a climas muito úmidos que influenciam o ataque de doenças na manga comercial. A *Mangifera caesia*, cultivada no Sudeste da Ásia, produz fora da época normal de colheita da espécie *Mangifera indica* utilizada comercialmente (Bompard, 1993). Com o uso dessa espécie, pode-se obter progênies que produzam em épocas cujos preços sejam mais vantajosos para o produtor.

Recursos Genéticos

Domesticação e Classificação da Espécie

A mangueira é uma planta que foi domesticada há milhares de anos, e caracteriza-se por produzir frutos de ótima qualidade, sendo considerada uma das mais importantes espécies frutíferas de clima tropical. Não obstante tenha se originado em locais de clima quente, ela se adapta bem às condições de clima subtropical. Principalmente pela sua boa plasticidade fenotípica, a qual confere ampla facilidade de adaptação aos diferentes ambientes, a manga se dispersou por todos os continentes, sendo cultivada atualmente em todos os países de clima tropical e subtropical.

Mukherjee (1985), seguindo a classificação proposta por Vavilov (1950), para os centros de origem das plantas cultivadas, relata que a mangueira é originária do segundo grande centro, o Indiano, e do subcentro Indo-Malaio. Essas regiões distintas deram origem às duas raças de manga: a indiana, originária do centro Indo-Burma tailandês, que produz frutos de boa aparência externa, cuja casca é bem colorida, variando de rosa a vermelho intenso, com sementes monoembriônicas; e a filipínica ou indo-chinesa, originária do centro Filipínico Celeste Timor, a qual produz fruto de formato alongado, com casca verde-amarelada quando maduro, e sementes poliembrionicas.

A mangueira pertence à família Anacardiaceae, na qual, além de *Mangifera*, são encontrados outros gêneros importantes, tais como *Anacardium*, *Pistachio* e *Spondias*. No gênero *Mangifera*, Mukherjee, (1985) descreve 39 espécies, enquanto Bompard (1993) relata a existência de 69 espécies, e as classifica em dois subgêneros com diversas seções, baseados em caracteres morfológicos. Entre essas espécies, a *Mangifera indica* é a mais importante, muito embora existam outras espécies que produzem frutos comestíveis, como *M. altissima*, *M. caesia*, *M. lagenifera*, *M. macrocarpa*, *M. odorata* e *M. sylvatica*.

Distribuição Fitogeográfica, Raças e Espécies

Com relação à distribuição fitogeográfica, a ocorrência do maior número de espécies encontra-se na Península Malaia, com cerca de 20 espécies, notadamente nas florestas de terras baixas. Já as formas selvagens de *M. indica*, que são bastante próximas dos tipos cultivados, ocorrem com maior frequência em Burma, Nordeste da Índia, e em Andamans, locais para onde devem ser direcionadas expedições de coleta de germoplasma. Entre as espécies de *Mangifera*, a *M. indica* e *M. foetida* são as mais dispersas, ocorrendo,

respectivamente, em 100% e 67% das regiões que constituem os centros de diversidade descritos acima (Singh, 1982; Mukherjee, 1985).

Eiadthong et al. (1999) identificaram 13 espécies de *Mangifera* que ocorrem na Tailândia, entre as quais, a *M. indica*, que é endêmica no país, sendo uma das principais culturas da Tailândia, e a *M. foetida*, conhecida localmente como *horse mango*, representando uma cultura relativamente importante no sul da Tailândia. A *M. sylvatica* e a *M. odorata* são cultivadas apenas em pequena escala e em quintais. As outras nove espécies não são cultivadas.

A ocorrência das duas raças de *M. indica*, a indiana e a filipínica, tem proporcionado, por meio de cruzamentos naturais ou artificiais, a obtenção de híbridos inter e intra-raciais, que deram origem a centenas de variedades, com características bastante diversificadas. A biologia floral, aliada ao caráter heterozigótico da planta, conduz a uma ampla diversidade de formas de copa, ramos, folhas, flores e, principalmente, nas formas, colorações e qualidades dos frutos. Isso podia ser observado nos pomares oriundos de material propagado por sementes (notadamente aquelas monoembriônicas), que predominavam no Brasil há cerca de 2 a 3 décadas.

Da Ásia, a manga se dispersou por vários países, não obstante haver uma grande limitação com relação à longevidade das sementes (altamente recalcitrantes), aliada ao tempo de duração das viagens, na época em que ocorreu a dispersão da espécie. Mukherjee (1985) relata que a distribuição da mangueira concentra-se entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, nas latitudes de 20° N a 20° S, estando presente em quase cem países.

A manga foi introduzida na América, provavelmente, pelos portugueses no Brasil, no século 16. Logo em seguida, foi introduzida no México pelos espanhóis. As primeiras introduções no Brasil, no entanto, referiam-se às variedades da raça filipínica, que geralmente produzem frutos com polpa fibrosa e de baixa qualidade e com semente poliembriônica, com pequena variação genética. Isso fez com que a cultura da manga ficasse limitada a pequenos pomares, sem muita expressão, e especificamente para atender ao mercado interno de maneira bem regionalizada, por quase três séculos.

Na metade deste século, no entanto, foram realizadas introduções de variedades melhoradas da raça indiana, procedentes da Flórida (USA), portadoras de melhor qualidade, com sementes monoembriônicas, que induzem grande variabilidade quando plantadas de pé franco. Esse fato modificou sensivelmente a indústria mangícola nacional, dando um novo alento à cultura, pois essas variedades americanas, que produzem frutos com pouca fibra, bem coloridos e mais resistentes à antracnose são mais comercializáveis, permitindo inicialmente ampliar o excelente mercado interno, e mais recentemente permitindo conquistar o mercado externo, notadamente dos Estados Unidos e Japão. A cultivar Haden foi introduzida no Brasil em 1931, mas só a partir da década de 60 foi plantada comercialmente, e apresenta uma série de limitações, principalmente com relação à sua suscetibilidade à seca da mangueira e à alternância de produção. Em 1970, foi introduzida a 'Tommy Atkins', junto com muitas outras variedades que foram testadas e algumas recomendadas para as condições brasileiras. Com o aumento da demanda interna e o interesse crescente pelas exportações a partir de 1980, a 'Tommy Atkins' se mostrou bastante adequada, principalmente devido a sua maior tolerância à antracnose. A partir disso, juntamente com a 'Keitt' tem sido as variedades mais plantadas no País (Piza Jr., 1989; Donadio, 1996).

Coleções e Bancos Ativo de Germoplasma

Existe um grande acervo de germoplasma de manga, catalogado nas diversas coleções mundiais (Tabela 1). São quase seis mil acessos, incluindo as repetições, dos

Tabela 1. Principais coleções de germoplasma de manga existentes no mundo.

País	Instituição	<i>M. indica</i>	<i>Mangifera sp.</i>	Avaliação	Disponibilidade
Austrália	DPI	63	-	Parcial	Disponível
Bangladesh	Bari	107	-	Em desenv.	Parcial
Brasil	Várias	407	-	Em desenv.	Disponível
Chile	Inia	3	-	Não	Disponível
Colômbia	Corpoica	59	1	Em desenv.	Disponível
Costa Rica	Várias	51	-0000	-	-
Costa Marfin	Irfa	50	-	-	Disponível
Cuba	DICF	350	-	Parcial	Disponível
Equador	Iniap	4	-	-	-
Fiji	Várias	143	-	Em desenv.	Disponível
Gualupe	Cirad	31	1	-	Disponível
Reunião	IRFA	50	-	-	-
Gabão	Cimev	25	-	-	-
Índia	IIHR	1100	6	Em desenv.	Disponível
Indonésia	Várias	292	9	Em desenv.	Disponível
Jamaica	RDD/MA	63	-	Parcial	Disponível
Kenia	NGK	37	-	-	-
Madagascar	Dagap	36	-	Parcial	Disponível
Malawi	BARS	32	-	Parcial	Disponível
Malásia	Mardi	111	-	Em desenv.	Disponível
México	Várias	143	-	Em desenv.	Disponível
Moçambique	Inia	119	-	-	-
Nicarágua	Várias	54	-	Em desenv.	Disponível
Nigéria	NHRI	47	-	Em desenv.	Disponível
Nova Guiné	DPI	4	-	Não	Disponível
Peru	Várias	81	-	Parcial	Disponível
Filipinas	UPLB	343	9	Parcial	Disponível
Portugal	DP/NARS	100	-	Parcial	Disponível
África do Sul	CSFRI	117	-	Em desenv.	Disponível
Espanha	ICCRAT	59	-	-	-
Sudão	HRS	30	-	Parcial	Disponível
Taiwan	TARI	176	-	Parcial	Disponível
Tanzânia	TPRI	10	-	-	-
Tailândia	Várias	294	34	Parcial	Disponível
USA	Várias	461	4	Parcial	Disponível
Venezuela	FONAIAP	140	-	Em desenv.	Disponível
Vietnã	ITFC	3	-	-	-

Fonte: Dados atualizados pelos autores de Bettencourt et al. (1992).

quais aproximadamente 83% estão disponíveis para intercâmbio (Bettencourt et al., 1992). A maior coleção encontra-se no Instituto de Pesquisa Hortícola da Índia – IIHR, em Bangalore, com mil e cem acessos.

No Brasil existem seis bancos e/ou coleções de germoplasma de manga. As principais coleções de manga no Brasil são as seguintes: Embrapa/Cpatsa, em Petrolina, PE, com 105

À semelhança do que ocorre em nível internacional, as coleções brasileiras necessitam de enriquecimento da variabilidade genética. Esse enriquecimento pode se dar principalmente através de coleta ou introdução de germoplasma. Não obstante a mangueira seja uma espécie exótica, existem muitos tipos regionais de manga, geralmente propagadas via sementes, em pomares caseiros que devem ser coletados e incorporados aos bancos de germoplasma. Já a introdução de germoplasma do exterior deve ser um processo contínuo, visando ampliar a variabilidade genética disponível.

Potencial e Uso dos Recursos Genéticos e seus Problemas

Há um grande potencial quanto ao uso dos recursos genéticos da manga, mas a grande maioria desse germoplasma, ou seja, 90%, no âmbito internacional, refere-se à espécie *Mangifera indica* (Pinto & Ferreira, 1999). Porém, existem muitas outras espécies de *Mangifera* com características genéticas importantes, que ocorrem nas florestas tropicais do Sudeste Asiático, que estão sofrendo erosão genética pela forte ação antrópica. Esse material deve ser explorado do ponto de vista de coleta de germoplasma, e colocado à disposição dos melhoristas, além de ser mantido nos bancos de germoplasma. A seguir são descritas as principais espécies de *Mangifera*, de acordo com Mukherjee (1985), com algumas características importantes para uso como recurso genético:

M. altissima – Os frutos medem de 5 a 8 cm de comprimento e a polpa é quase livre de fibras. É usada nas Filipinas para picles.

M. caesia – Essa espécie apresenta frutos de 18 a 19 cm de comprimento, com polpa de cor branca, rica em suco ácido, de boa fragrância e pouca fibra, porém com grande variação entre os diferentes tipos, sendo alguns mais doces do que outros. Há variações que apresentam sementes totalmente livres, soltas da polpa.

M. cochinchinensis – Os frutos dessa espécie são bem pequenos, medindo em torno de 3 cm de comprimento, com pouca polpa, porém de fino aroma.

M. decandra, *M. gedebe*, *M. inocarpoides*, *M. griffithii* e *M. quadrifida* – Essas espécies apresentam plantas que se desenvolvem bem em áreas encharcadas, podendo ser testadas como porta enxerto para plantios em brejos ou em solos de difícil drenagem.

M. foetida – Os frutos medem de 8 a 10 cm de comprimento, com pouca polpa com cerca de 2 cm de espessura e muita fibra. Esses frutos quando maduros, são muito consumidos pelos Malaio, pois a polpa é doce, embora o flavor não seja muito agradável.

M. indica var. *mekongensis* – As plantas produzem flores e frutos na mesma época, florescendo e frutificando duas vezes ao ano, o que possibilita seu uso na obtenção de material genético com elevada regularidade e produtividade.

M. langenifera – Os frutos dessa espécie medem em torno de 10 a 12 cm, com polpa de coloração creme, com 2 cm de espessura, de sabor medíocre.

M. macrocarpa – Apresenta frutos grandes oblongos e globosos, com polpa amarela amargo-doce e não é muito saboroso.

M. odorata – Os frutos medem em torno de 10 cm de comprimento, com distinto sabor quando maduro. A polpa é doce, mas tem muita fibra.

M. pajang – Os frutos são grandes, com 15 a 17 cm de comprimento, têm casca fina e solta, que podem ser descascados como banana. Esse material pode ser interessante para cruzamentos, na obtenção de variedades com essa característica de casca solta, com excelente qualidade comercial. A polpa é amarelo-clara, doce e ácida.

M. pentandra – As plantas dessa espécie produzem frutos esféricos de bom sabor.

M. zeylanica – Os frutos medem em torno de 6 cm de comprimento aproximadamente e apresentam o mesmo tamanho e a mesma forma dos frutos de *M. indica*.

Não obstante ser um acervo respeitável, o germoplasma de manga carece de dados de caracterização e avaliação. A grande maioria desse patrimônio genético não está devidamente caracterizado, embora alguns dados de avaliação dos principais acessos estejam disponíveis nos programas de melhoramento da cultura. Essa é uma das principais razões da baixa utilização do germoplasma existente.

Bompard (1993) descreve diversas espécies silvestres com enorme potencial para uso no melhoramento. A *M. laurina* é uma espécie muito próxima da raça indiana e com grande adaptação a climas úmido, permitindo uma resistência apreciável ao ataque de antracnose. Em Borneo, as duas novas espécies *M. rufocostata* e *M. swintonioides* têm em comum uma excelente peculiaridade de produzirem completamente fora de estação.

Um dos grandes problemas na maioria das coleções refere-se às introduções feitas de maneira errônea quando da própria coleta do propágulo ou na troca e perda da etiqueta do material genético introduzido. Os próprios curadores ou responsáveis pela coleção não são melhoristas ou não têm o conhecimento suficiente sobre manga, resultando em “lançamento” de novos nomes para uma variedade já existente ou mesmo a publicação de nomes de variedades totalmente errados. Esse tipo de problema ocorreu com o lançamento da variedade ‘Surpresa’ (‘Duncan’, ‘Alphonso’ ou ‘Saigon’) e com Informações Técnicas sobre manga, mostrando fotos erradas das variedades Van Dyke e Keitt. Isso poderia ter sido evitado se a aferição e descrição fosse feita pelo melhorista introdutor da mesma, descrevendo suas características obtidas junto à instituição de origem.

Em uma segunda introdução, vale a descrição usada na primeira, pelo melhorista e/ou pelo introdutor responsável, pois à medida que novas etapas intermediárias de introdução ocorrem, os enganos e problemas ligados aos nomes das variedades aumentam. A nomenclatura da manga tem sido complicada em decorrência da imensa sinonímia em termos de variedades entre países e até mesmo de uma região para outra no mesmo país. A variedade Filipina parece ser um clone da ‘Carabao’, ‘Manila’ ou ‘Cecil’ enquanto a ‘Davis-Haden’ é uma mutação da ‘Haden’. No Brasil, a variedade ‘Jasmim’ e ‘Coité’, em Fortaleza, CE são, morfologicamente, a mesma ‘Bacuri’, em Mossoró, RN, e ‘Fafá’ em Belém, PA, respectivamente.

O Mecanismo de Reprodução

Para se iniciar um estudo de melhoramento de qualquer que seja a fruteira, há necessidade de se conhecer a biologia floral e o mecanismo de reprodução da planta. Tipo de inflorescência e de flor existente, número e proporção de flores, suas características morfológicas, período de abertura (antese), polinização e os fatores responsáveis pela sua ocorrência natural, como vento e insetos, são alguns dos fatores mais importantes no estudo do mecanismo de reprodução.

A Biologia Floral e os Fatores Ambientais

A mangueira possui inflorescência tipo panícula, de forma cônica a piramidal, que se desenvolve sob condições normais, de gemas terminais de ramos maduros entre 6 e 9 meses de idade, nas quais encontram-se flores perfeitas e masculinas. O número de panículas por planta varia de 600 a 6.000, e as flores por panícula variam de 200 a 4.000. As flores

iniciam a antese antes mesmo que as panículas atinjam o total comprimento, e a maior concentração na abertura das flores ocorre entre 9 e 11 horas, embora ocorra uma certa variação dependendo das condições climáticas da região. A receptividade do estigma dura cerca de 72 horas após a antese, embora esteja receptivo antes da antese (Mukherjee, 1985). O número de pólen por antera varia de 271 a 648, havendo variação entre variedades.

A biologia floral da mangueira é totalmente adaptada para polinização a ser feita por trips e vários tipos de moscas. Embora muitos insetos visitem as flores de mangueira, aqueles pertencentes à ordem diptera (moscas) têm a mais alta frequência (51,6%), seguido da ordem lepidoptera (33%), como a segunda de maior frequência (Jison & Hedstron, 1985).

Além da luminosidade, a temperatura é outro fator ambiental de grande influência na expressão sexual em mangueira. Baixas temperaturas durante o desenvolvimento da inflorescência contribuem para a redução no número de flores perfeitas na panícula. As panículas que emergem na metade e no final da estação de florescimento possuem de duas a sete vezes mais flores hermafroditas que aquelas que emergem no início (Singh et al., 1966). Temperatura abaixo de 16°C e/ou acima de 34°C podem inibir a germinação do tubo polínico resultando na não fertilização.

Algumas cultivares monoembriônicas como a Haden não vingam nenhum fruto quando as condições ambientais, principalmente temperaturas acima de 35°C, inibem o desenvolvimento do embrião zigótico ou causam sua degeneração, ocorrendo a queda de flores perfeitas e de frutinhas (Mukherjee, 1953; Sturrock, 1968). Esse fenômeno não acontece com cultivares poliembriônicas, uma vez que embriões nucelares desenvolvem-se naturalmente favorecendo o vingamento de frutos.

A Expressão Sexual

A relação sexual em mangueira é a proporção entre flores hermafroditas e estaminadas, sendo bastante variável dentro da panícula da planta e entre cultivares. A variedade Edward, em condições de cerrados, chega a alcançar uma proporção superior a 75% de flores masculinas, sendo bem superior a 'Tommy Atkins' com 52% a 62% de flores masculinas, considerando tanto a posição da flor na raquis quanto a posição da panícula na planta (Pinto et al., 1987). Resultado superior foi obtido nas mesmas condições dos cerrados na cultivar Mallika, a qual apresentou uma média de 82,5% de flores estaminadas nas três porções basal, média e apical na panícula, enquanto a 'Amrapali' apresentou 65,8% desse tipo de flor. Em ambas variedades a concentração de flores hermafroditas aumentou da base para a porção apical da panícula, variando de 8,4% para 28,7% na 'Mallika' e de 30,1% para 43,6% na 'Amrapali'.

Além de fatores ambientais, várias condicionantes fisiológicas estão envolvidas na expressão e na relação sexual entre flores estaminadas e hermafroditas. A observação de que variedades de mangueira adaptadas a climas tropicais geralmente têm rendimento baixo, quando exploradas em climas subtropicais, deve-se possivelmente devido à baixa proporção de flores hermafroditas (Singh et al., 1965). Essa hipótese de que a maior proporção de flores hermafroditas na panícula da mangueira está correlacionada com um maior vingamento e produtividade da planta é bastante controversa e pouca aceita. Alguns estudos têm demonstrado que uma maior relação entre flores perfeitas e estaminadas não influenciam uma maior produtividade, se a proporção de flores hermafroditas for inferior a 4% (Singh, 1964).

A Polinização e a Incompatibilidade

A polinização em mangueira, principalmente naquelas monoembriônicas é considerada um fator limitante, já que o grande número de flores não corresponde ao muito

pequeno número de frutos vingados. As plantas poliembriônicas produzem embriões nucelares não sendo, necessariamente, obrigadas a serem polinizadas para ocorrer a fecundação e vingamento de frutos.

A ocorrência de incompatibilidade é evidenciada com a degeneração dos tecidos embriônicos e nucelares e com a excessiva queda e perda de frutinhos. A auto-incompatibilidade parcial ou completa em mangueira tem sido citada por vários autores (Sharma & Singh, 1970; Ram et al. 1976, Pinto et al., 2002). A auto-incompatibilidade foi claramente evidenciada na cultivar Dashehari (Singh et al. 1962). Estudos embriológicos têm mostrado que, embora a fertilização resultante do cruzamento entre pais incompatíveis ocorra logo após a polinização, a degeneração do endosperma verifica-se 15 dias depois, o que demonstra ser a auto-incompatibilidade do tipo esporofítica (Mukherjee et al., 1968).

Testes sobre a habilidade de combinação e compatibilidade em autocruzamentos e cruzamentos recíprocos foram realizados nos Cerrados brasileiros usando-se três variedades de mangueira: Mallika, Amrapali e Tommy Atkins. A variedade Mallika demonstrou uma elevada auto-incompatibilidade (96%), enquanto a Amrapali demonstrou uma excelente capacidade de combinação com as outras variedades (Pinto et al., 2002). A Tommy Atkins apresentou aceitável compatibilidade com a Amrapali, porém muito baixa capacidade de combinação (< 5%) com a cultivar Mallika, demonstrando que existe incompatibilidade no cruzamento entre variedades de mangueira.

O Vingamento e a Retenção de Frutos

O fenômeno do baixo vingamento de frutos é muito comum em mangueira, uma vez que, no máximo, 35% do total de flores da mangueira são polinizadas resultando em cerca de 0,01% o número de frutos no stand final (Singh, 1954). Vários fatores são responsáveis pelo baixo vingamento de frutos, como, por exemplo, o grande número de flores perfeitas que não são polinizadas e o alto número de flores masculinas na panícula. Além do pequeno número de pólen por antera que é um fator genético (variedade), o fator nutricional (deficiência de B) e ambiental como a temperatura abaixo de 16°C também afetam a produção e a viabilidade do pólen, causando um baixo vingamento de frutos (Sharma & Singh, 1970).

A abscisão de flores e frutos de mangueira ocorre ao acaso em qualquer posição da panícula, embora um maior número de frutos se estabeleça ou ocorra o vingamento na porção terminal da panícula. No período de cruzamentos intervarietais de mangueiras, cultivadas sob regime de sequeiro nos cerrados do Brasil Central, a umidade relativa do ar é muito baixa (< 30%) e provoca uma grande queda dos frutinhos vingados. O maior percentual de queda (67%) ocorre dentro de uma semana após a fecundação, quando os frutos atingem o tamanho “cabeça-de-alfinete”. Ao alcançarem o tamanho “bola-de-gude”, a queda declina para uma média de 22% dos frutos vingados inicialmente e, praticamente, param de cair quando atingem o tamanho “bola-de-bilhar” com percentual de queda inferior a 1%. Duas pulverizações semanais com água fria sobre as panículas, cujas flores foram recém-utilizadas nos cruzamentos, contribuíram com o aumento médio de 1,5% para 6,4% no vingamento de frutos, com isso aumentando a população de progênes híbridas.

O uso de reguladores de crescimento como o ácido naftaleno acético (ANA), aplicado no estágio pré-antese e na dose de 40 a 50 ppm, tem contribuído com o aumento de 300% a 400% no vingamento e retenção de frutinhos de manga (Ram, 1983).

A Embrionia e a Estenospermocarpia

A mangueira é classificada em dois grupos de acordo com o modo de reprodução das sementes: o grupo monoembriônico e o grupo majoritariamente poliembriônico.

As mangas monoembriônicas têm somente um embrião zigótico sendo, provavelmente, de origem híbrida, portanto, diferentes da planta-mãe. As sementes de mangas majoritariamente poliembrionicas podem conter um ou mais embriões e um dos quais pode ser zigótico, mas nem sempre isso ocorre. Os embriões nucelares também denominados de embriões adventícios formam plantas similares à planta-mãe, sendo recomendados para o uso como porta-enxertos, devido à possibilidade de se estabelecer um pomar de aceitável uniformidade.

O caráter de poliembrionia é manifestado pela ação de um ou mais genes recessivos, portanto, o cruzamento de mangas monoembriônicas com poliembrionicas resultam em progênies monoembriônicas (Leroy, 1947, citado por Iyer & Degani, 1997; Sturrock, 1968). Trabalhos de cruzamento controlado entre variedades mono e poliembrionicas estão sendo realizados pela Embrapa Cerrados, visando checar esse tipo de herança quanto ao caráter poliembrionia.

Na prática, o viveirista comumente elimina a (s) plântula (s) mais raquítica (s) quanto ao diâmetro do caule e à altura, considerando-a (s) como material zigótico, e enxerta a mais vigorosa que é considerada, empiricamente, como sendo de origem nucelar. Essa relação não é totalmente verdadeira, pois uma semente poliembrionica com 5 embriões a competição entre os 4 embriões nucelares pela reserva nutricional da nucela/cotilédone é muito grande. Portanto, é possível que a plântula de origem zigótica manifeste um vigor similar ou superior àquele da plântula nucelar mais vigorosa. Ademais, o fenômeno do policaulismo pode interferir na decisão do viveirista quanto à escolha pelo vigor, uma vez que o material emergente (plântula) é monoembriônico (zigótico), porém com inúmeros caules emergidos sob a camada de solo que cobre a amêndoa o que, à primeira vista, parecem ser plântulas de origem nucelar (semente poliembrionica). Nas condições dos cerrados brasileiros, a embriionia em variedades e híbridos de cruzamentos controlados foi estudada e a 'Edward', 'Tommy Atkins', 'Extrema', 'Okrong', 'Amrapali' e 'Mallika' mostraram ser monoembriônicas, porém com grau de policaulismo que variou entre 30% a 90% das sementes. O policaulismo manifestou-se também em 41% das progênies monoembriônicas resultantes de cruzamentos controlados.

A manga não apresenta com freqüência o fenômeno de partenocarpia como muitos acreditam e, sim, a estenospermocarpia. Na partenocarpia não há fecundação, e a formação do fruto origina-se de um óvulo não fecundado, resultando em manga completamente sem semente. Na estenospermocarpia ocorre uma falha ou aborto do embrião sem que houvesse falha na fecundação (Ram et al., 1976). A estenospermocarpia é cultivar dependente e geralmente ocorre devido à mudança de temperatura, durante os primeiros dias após o vingamento do fruto. Existem controvérsias na literatura quanto à causa da estenospermocarpia ser devido à temperatura baixa (Lakshminarayana & Aguilar, 1975; Whiley, 1988) ou à temperatura alta (Davenport & Núñez Elisea, 1997) durante o vingamento dos frutos. Nas condições do Nordeste e Centro-Oeste brasileiros, o fenômeno ocorre com mais freqüência entre Maio e Julho quando a temperatura atinge os menores valores (< 15°C °C), principalmente durante o período noturno. O fruto estenospermocárpico apresenta-se de pequeno tamanho e de forma irregular. A cultivar Haden produz frutos estenospermocárpico com grande freqüência, os quais são vendidos no mercado varejista por preços vantajosos com a denominação de "mini-Haden".

Objetivos do Melhoramento

Atualmente acontece contrariamente ao que ocorria no passado, quando o melhorista formulava os objetivos de seu programa de melhoramento e os conduzia, normalmente, sem considerar o mercado. Hoje, porém, o mercado e a necessidade de competitividade no mesmo são os fatores que ditam o que e como deve ser desenvolvido o produto final do

melhoramento. Isso se aplica não somente para a manga mas também para a maioria das espécies de valor econômico. No caso específico da manga, muitos dos objetivos do melhoramento, tanto no Brasil como em outros países não são muito diferentes (Iyer & Degani, 1997; Lavi et al., 1996; Pinto, 1996, 1999; Pinto & Ferreira, 1999).

As cultivares desenvolvidas em programas de melhoramento precisam atender aos três principais segmentos de uma cadeia produtiva: produtores, distribuidores e consumidores. Os produtores anseiam por cultivares que apresentem maior produtividade e estabilidade de produção, de fácil manejo nos tratos culturais e adaptadas às condições climáticas adversas da região para onde foi desenvolvida. Os distribuidores desejam cultivares que resistam ao manuseio e ao transporte e, finalmente, os consumidores que exigem manga de melhor qualidade atendendo sua exigência. Portanto, novas cultivares somente serão aceitas se apresentarem, para os diversos segmentos da cadeia produtiva, alguma (s) vantagem (ns) em relação às já existentes no mercado.

Em geral, ao idealizar um programa de melhoramento de manga, o melhorista deve ter em mente as características básicas para a nova cultivar, que seja comercialmente bem sucedida e que atenda os três segmentos da cadeia acima descritos. Assim, características como plantas de porte baixo, produção precoce e regular, alta produtividade, resistente às principais pragas e doenças, frutos com tamanho e forma com padrões requeridos pelo mercado, com alta resistência ao transporte, de coloração atrativa, de boas qualidades organolépticas (sabor, odor, textura), livres de desordens fisiológicas, longa vida de prateleira (*shelf-life*), além de outras características pós-colheita são necessárias e obrigatórias na maioria dos programas de melhoramento (Singh, 1978; Iyer, 1991; Lavi et al., 1996; Tomer et al., 1996; Cilliers et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Pinto, 1996, 1999; Iyer & Degani, 1997; Pinto & Ferreira, 1999). Com relação ao melhoramento de material para porta-enxerto, as principais características requeridas são: poliembrionia, porte anão, tolerância para condições adversas do solo, resistência a doenças e boa compatibilidade com a variedade copa. Obviamente, combinar todas essas características em uma única cultivar é muito difícil, embora todas sejam fundamentais para manter a competitividade e o sucesso comercial dessa cultivar.

Para que as chances do melhorista aumentem na difícil tarefa de desenvolver uma cultivar com todas as características desejáveis, será necessário que ele tenha a sua disposição: variabilidade genética, conhecimentos sobre a biologia floral, modo de reprodução, níveis e comportamento cromossômicos do germoplasma disponível, da herdabilidade dos caracteres perseguidos, correlação entre caracteres. A decisão do melhorista quanto ao trabalho em longo ou médio prazos depende do estágio em que se encontra quanto ao seu conhecimento e disponibilidade de recursos materiais e humano. Portanto, o objetivo pode passar por fases mais longas se não existem cultivares comerciais já adaptadas e de alto valor comercial. Nesse caso, a introdução, a avaliação e a seleção são fases muito importantes e obrigatórias, embora sejam dinâmicas e aceitas em qualquer fase do melhoramento. Se já existem cultivares comerciais de alto valor em uso, o que se busca é corrigir algumas deficiências já identificadas sem perder os atributos positivos já existentes. Nesse caso, realiza-se o melhoramento genético no sentido específico.

Principais Métodos e Estratégias para o Melhoramento

No melhoramento da mangueira, pode-se dispor de vários métodos, procedimentos e estratégias os quais podem ser usados isoladamente ou em conjunto, complementando uns aos outros, o que possibilita uma maior eficiência nos trabalhos. A seguir serão descritos e discutidos os métodos e as estratégias que estão sendo usados ou com potencial de uso no melhoramento da mangueira.

A Introdução, Avaliação e Seleção de Cultivares (Progenitores)

A importância da introdução de cultivares no melhoramento genético é bem conhecida (Fehr, 1987) e, no caso da manga, tem sido bem documentada, especialmente, em relação ao desenvolvimento de novas cultivares na Flórida (Iyer & Dinesh, 1996; Bompard & Schnell, 1997). O grande número de genótipos de origens diversas introduzidos, e com subsequente melhoramento e adaptação, levou a Flórida a se constituir em um importante centro secundário de diversidade da mangueira, e habilitou aquele estado americano a dar uma contribuição única à indústria de frutas (Knight & Schnell, 1994). Ressalta-se, contudo, que experiências recentes têm mostrado que precauções precisam ser tomadas quando se vai introduzir uma cultivar de uma região para outra e, especialmente, de um país para outro, em função da possibilidade real da introdução conjunta de patógenos que podem constituir-se em problemas sérios para a cultura (Iyer & Dinesh, 1996). Portanto, é importante que o melhorista tenha consciência desse risco e não tente “ganhar tempo” em seu programa e burlar a legislação brasileira, a qual determina que todo e qualquer material introduzido de outro país tem que passar por um período de quarentena na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, com o objetivo de evitar a entrada de doenças e/ou pragas ainda não existentes no País.

A introdução é um método bastante antigo e ainda continua sendo praticada até hoje como fonte para enriquecimento da variabilidade genética (Fehr, 1987; Borém, 1997; Mukherjee, 1985; Bompard & Schnell, 1997; Mukherjee, 1997). Porém, como método de melhoramento para a obtenção de novas cultivares é muito limitado. A metodologia consiste basicamente em se introduzir materiais genéticos diversos (cultivares, seleções avançadas), que são diretamente avaliados, e aqueles que demonstram melhor adaptação às condições da região alvo e apresentam as características desejadas pelo mercado. Esses materiais genéticos são lançados como novas cultivares (Poehliman & Sleper, 1995; Borém, 1997). O lançamento ou recomendação de introduções de plantas como novas cultivares ocorre, principalmente, em áreas onde a espécie ou a cultura está sendo introduzida (Fehr, 1987).

Na mangueira, a introdução tem sido bastante utilizada, mas não propriamente como método de melhoramento, e sim para a formação de coleções de trabalho para o estabelecimento de programas de melhoramento (Donadio, 1996; Mukherjee, 1985, 1997; Bompard & Schnell, 1997; Iyer & Degani, 1997; Pinto, 1996; Pinto & Ferreira, 1999). No Brasil, no entanto, é provável que muitas das cultivares brasileiras, como, por exemplo, Espada, Imperial, Rosa, Surpresa (Donadio, 1996) e outras, tenham sido originadas desse procedimento.

Melhoramento da População

Uma das vantagens do melhoramento da mangueira é a facilidade com que indivíduos superiores avaliados e selecionados na própria coleção de trabalho podem ser clonados e multiplicados por meio da enxertia (Cilliers et al., 1996; Tomer et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Iyer & Degani, 1997). Os indivíduos selecionados poderão formar uma coleção elite ou *core collection*, cujo objetivo maior é aumentar a freqüência de genes favoráveis para melhorar a população que servirá de base para os futuros cruzamentos. Esse método é muito importante tanto para a mangueira, como para qualquer outra frutífera que se reproduza por alogamia, embora seja pouco empregado.

Para o sucesso no melhoramento de populações é fundamental a existência de uma aceitável variabilidade genética na população original ou coleção elite (Fehr, 1987; Falconer, 1989; Borém, 1997). Outros fatores, como método e intensidade de seleção a serem utilizados, precisam das avaliações, interpretação apropriada dos efeitos ambientais, interação genótipo

x local e genótipo x ano, identificação de efeitos pleiotrópicos e de correlações genóticas e fenóticas entre caracteres (Falconer, 1989), também afetam a eficiência do melhoramento de populações e devem ser observados.

Método da Seleção Recorrente

É também conhecido na literatura por seleção de plantas individuais a partir de populações de polinização aberta ou seleção massal baseada em um só sexo. Esse método tem sido o mais intensamente utilizado, pela sua facilidade, simplicidade e baixo custo operacional, embora não figure entre os mais recomendados em termos de eficiência (Cilliers et al., 1996; Tomer et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Iyer & Degani, 1997; Mukherjee, 1997). Para características de alta herdabilidade, esse procedimento é tão eficiente quanto qualquer outro (Hansche, 1983; Falconer, 1989). Contudo, sua eficiência em discriminar indivíduos superiores diminui à medida que a herdabilidade dos caracteres é reduzida, tornando-se bastante ineficiente para baixos valores de herdabilidade (Dudley & Moll, 1969; Hansche, 1983; Falconer, 1989).

Em sua versão mais simples, esse método consiste basicamente em selecionar plantas em áreas de produção ou não, coletar frutos e avaliar as progênies resultantes de polinização aberta. Portanto, nesse procedimento, a cultivar resultante tem apenas um dos progenitores conhecido. Na sua versão aperfeiçoada, os progenitores da população melhorada são cuidadosamente selecionados e, desses, um número relativamente elevado de indivíduos são plantados e avaliados, onde a seleção é relativamente simples e fácil de ser realizada (Cilliers, et al., 1996). No entanto, esses autores relatam que o progresso genético desse método é lento em decorrência do grande número de características de qualidade de frutos e produção envolvidas; do pouco conhecimento da herdabilidade das principais características de importância econômica e das correlações genéticas; e do longo período de juvenilidade.

Assumindo como verdadeiros os pressupostos da genética quantitativa, de que em uma população alógama e em equilíbrio de Hardy-Weinberg o pólen de qualquer indivíduo tem a mesma probabilidade de fecundar o óvulo de qualquer outro indivíduo (Falconer, 1989), pode-se afirmar que qualquer planta de manga originada de semente tomada ao acaso é um híbrido. Assim, as progênies originadas de sementes a partir de populações de polinização aberta são consideradas todas híbridas meio-irmãs, onde apenas o progenitor feminino é conhecido (Fehr, 1987; Falconer, 1989; Borém, 1997, Pinto, 1999). Conseqüentemente, a eficiência desse método, em termos de ganho genético ao final de um ciclo de seleção, é bem menor que o de cruzamentos controlados (Hansche, 1983; Falconer, 1989; Bruckner, 1999). Contudo, como a propagação vegetativa permite a perpetuação de qualquer genótipo, superior, híbrido ou não, tão logo seja identificado, essa menor eficiência é em parte compensada pela simplicidade e pelo menor custo, especialmente de mão-de-obra, desse método (Hansche, 1983; Poehlman & Sleper, 1995; Iyer & Degani, 1997; Mukherjee, 1997; Bruckner, 1999).

A eliminação precoce de genótipos indesejáveis é uma estratégia cada vez mais utilizada para aumentar a eficiência da seleção uma vez que a mangueira, pela facilidade da reprodução assexuada, é uma espécie apropriada ao manuseio da seleção recorrente, também denominada de seleção fenotípica individual (Cilliers et al., 1996). Também a seleção precoce de genótipos desejáveis pode tornar esse método mais eficiente, sendo a biotecnologia uma importante ferramenta de auxílio.

A quase totalidade das mais de mil cultivares existentes atualmente na Índia e todas as cultivares desenvolvidas na Flórida foram criadas e desenvolvidas através desse procedimento (Iyer & Degani, 1997; Mukherjee, 1997). A cultivar Haden, por exemplo, lançada

na Flórida, em 1910, originou-se de uma planta de sementes da cultivar Mulgoba. A planta selecionada tinha frutos de coloração vermelha altamente atrativa e apresentava produtividade superior à de seu progenitor (Campbell & Campbell, 1993). A 'Haden', por sua vez, também através de polinização aberta, deu origem as seguintes cultivares: Eldon, Glenn, Lippens, Osteen, Parvin, Smith, Springfels, Tommy Atkins e Zill (Mukherjee, 1997). Na África do Sul, as cultivares Heidi, Neldica, Cerise e Neldawn também foram originadas por meio desse método (Cilliers et al., 1996). O mesmo ocorreu no Brasil, com as cultivares Amarelinha, Ametista, Augusta, Brasil, Itamarati, Oliveira Neto e Pavão, entre outras (Donadio, 1996), e as cultivares IAC 104 Dura, IAC 109 Votupa, IAC 105 Palmera e IAC 103 Espada Vermelha, todas desenvolvidas pelo IAC. As cultivares IAC 104 Dura (poliembriônica) e IAC 109 Votupa (monoembriônica) originaram-se da Tommy Atkins; a IAC 105 Palmera (poliembriônica) da Palmer e a IAC 103 Espada Vermelha (também poliembriônica), da 'Carabao' (Rosseto et al., 1996, 1997).

Mesmo depois da elaboração de programas mais bem planejados e fundamentados, a seleção a partir de populações de polinização aberta ainda continua o método predominante na maioria dos países que trabalham com manga (Mathew & Dhandar, 1996; Cilliers et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Rosseto et al., 1996, 1997). De acordo com Iyer & Dinesh (1996), com exceção de umas poucas cultivares resultantes de programas de melhoramento por hibridação planejada, a grande maioria tem sido resultado de seleção individual de plantas originadas de polinização aberta.

No entanto, resultados na obtenção de híbridos superiores não sujeitos à sorte (aleatoriedade) devem-se ao cruzamento controlado, embora esse cruzamento possa ser aprimorado com o aperfeiçoamento dos cruzamentos abertos. Apesar do baixo custo do método, a seleção simples de sementes de plantas instaladas em coleções de cultivares, sem nenhum controle parental ou uso de marcadores moleculares, pode apresentar baixa eficiência genética e resultados inseguros da progênie híbrida. Algumas vezes, as sementes são pouco controladas, portanto, nem a planta-pai nem a planta-mãe são conhecidas.

Cilliers et al. (1996) descreveram algumas estratégias que tem sido adotadas em muitos programas que utilizam a seleção fenotípica individual, visando aumentar a sua eficiência. A primeira é o estabelecimento de pomares para a produção de progênies de polinização aberta para avaliação e seleção. A segunda é a eliminação, nesses pomares fontes, de cultivares com características indesejáveis em termos de tamanho, coloração e sabor de frutos e a inclusão de novos genótipos, visando sempre aumentar a qualidade média do pólen que irá originar as progênies de meio-irmãos para avaliação e seleção. E, finalmente, a terceira é a seleção, a multiplicação vegetativa e a avaliação de progênies superiores a partir desses pomares fontes em diferentes condições ambientais. Esse processo de seleção pode originar, diretamente, novas cultivares ou progênies superiores para o estabelecimento de novos pomares fontes para produção de progênies superiores. Exemplos desses tipos de estratégias são encontrados em Israel, onde o pomar fonte é constituído de 55 genótipos, sendo 35 cultivares e 20 seleções avançadas (Tomer et al., 1996), e na África do Sul, onde o pomar fonte de progênies conta também com 55 cultivares selecionadas previamente (chamadas *plêiades*) e de onde 100 progênies de cada cultivar são originadas anualmente (Cilliers et al., 1996). Cultivares como Heidi, Néldica, Joa e Chené, além de seleções promissoras, foram originadas desse programa.

Teste de Progênie

O teste de progênie torna a seleção mais eficiente em comparação àquela realizada com base somente na performance do próprio indivíduo, como no caso da seleção massal ou fenotípica, pelo fato da avaliação ser feita sobre dois indivíduos: o progenitor e suas progênies. Portanto, a seleção individual com teste de progênie parece ser, aparentemente,

o método ideal de seleção de indivíduos superiores porque, além da avaliação no próprio indivíduo, o valor genotípico médio desse indivíduo pode ser diretamente medido na progênie deste (Falconer, 1989).

Na prática, contudo, esse método apresenta a desvantagem de aumentar o tempo da geração de seleção, especialmente, em se tratando de espécies perenes, já que um indivíduo não pode ser selecionado até que sua progênie seja avaliada (Hansche, 1983; Falconer, 1989). Geralmente, a seleção inicial dos progenitores baseia-se na performance fenotípica dos mesmos, porém a decisão posterior de manter ou eliminar um determinado progenitor no programa de melhoramento depende da habilidade desse progenitor em produzir progênies superiores (Whiley et al., 1993; Souza, 1998).

No caso específico do melhoramento da mangueira, o teste de progênie tem sido empregado de alguma forma no programa de melhoramento da Embrapa Cerrados, especialmente antes e após à hibridação intervarietal. Porém, assim como no caso de outras fruteiras perenes, a seleção daqueles progenitores que irão ser usados em novos cruzamentos é feita levando-se em consideração a capacidade desses progenitores em originar progênies superiores. Um exemplo prático disso está no programa de melhoramento da Austrália, onde as cultivares Kensington e Sensation têm se mostrado excelentes parentais nesse aspecto (Whiley et al., 1993).

A seleção individual seguida do teste de progênie, conforme é preconizada, pode, pelo menos em teoria, ser aplicada sem maiores problemas no melhoramento da manga. A natureza alógama dessa espécie, associada à possibilidade de obtenção de muitos descendentes por geração, é favorável à sua implementação, embora o tempo requerido para que se tenha um ciclo de seleção completo seja um fator limitante e determinante na introdução de variantes para a viabilização da metodologia. Associado a isto, a facilidade com que uma planta pode ser propagada vegetativamente, permitindo que os melhores indivíduos, uma vez identificados, sejam multiplicados em qualquer etapa do programa de melhoramento, faz com que os procedimentos de seleção adotados para a espécie sejam apenas adaptações das metodologias conhecidas.

Ainda no caso específico da manga, a recombinação ou o intercruzamento entre os indivíduos selecionados deve ser anual, com a vantagem da seleção poder ser realizada em ambos os sexos, bastando-se para isso eliminar os indivíduos indesejáveis antes do florescimento, na segunda frutificação. Outra vantagem é a disponibilidade, anualmente, de sementes recombinadas para o início de novos ciclos de seleção, uma vez que a população de indivíduos selecionados pode ser mantida no campo por um longo período (Mathew & Dhandar, 1996; Cilliers et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996).

Método da Hibridação

A hibridação é o processo pelo qual as características de interesse econômico são combinadas ou transferidas para as variedades cultivadas ou entre elas, servindo, também, para ampliar a base genética dentro de determinada espécie (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995; Borém, 1997; Bruckner, 1999). Posterior ao processo de hibridação, a seleção e a clonagem (propagação vegetativa) das melhores combinações, seguidas de avaliação clonal, podem resultar em novas cultivares de forma bastante rápida.

Em fruteiras, uma das limitações desse procedimento, quando comparado às espécies anuais propagadas sexualmente, é o número de combinações híbridas que podem ser avaliadas, a inadequação da maioria das metodologias de predição do valor genético dos parentais (Hansche, 1983; Souza, 1998), o número limitado de indivíduos que podem ser avaliados por ciclo, a baixa previsibilidade dos resultados dos cruzamentos devido à alta heterozigosidade dos progenitores, além do tempo requerido para se completar um ciclo de

seleção e do espaço físico requerido (Hansche, 1983; Cilliers et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Tomer et al., 1996; Bruckner, 1999).

Na mangueira, além das dificuldades supra mencionadas e da ocorrência de poliembrionia em muitas cultivares, os trabalhos de emasculação, polinização manual e cuidados pós-polinização, que são requeridos para o sucesso da hibridação, são também bastante tediosos e de baixa eficiência em termos de pegamento de frutos (Pinto & Sharma, 1993; Pinto & Byrne, 1993; Cilliers et al., 1996; Iyer & Dinesh, 1996; Tomer et al., 1996; Pinto, 1996, 1999; Pinto & Ferreira, 1999). Contudo, estudos têm sido realizados visando simplificar esses procedimentos e aumentar sua eficiência (Iyer & Dinesh, 1996).

Singh et al. (1980) comentam que não há necessidade de proteger as panículas após a polinização, pois a germinação do pólen e a fertilização são rápidas e, com isso, os riscos de contaminação por pólen estranho praticamente não existem. A cobertura do estigma com uma cápsula gelatinosa logo após a polinização é um procedimento simples e efetivo para evitar a contaminação por pólen estranho (Iyer & Dinesh, 1996). Outras alternativas são o plantio intercalado dos progenitores que se deseja cruzar (Whiley et al., 1993); o isolamento, por meio de telado (Fig. 1), de plantas de cultivares estabelecidas lado a lado; ou a enxertia de diferentes cultivares em uma mesma árvore (Pinto & Sharma, 1993; Pinto & Byrne, 1993; Cilliers et al., 1996; Tomer et al., 1996; Pinto, 1996, 1999; Pinto & Ferreira, 1999).

Foto: Alberto Pinto

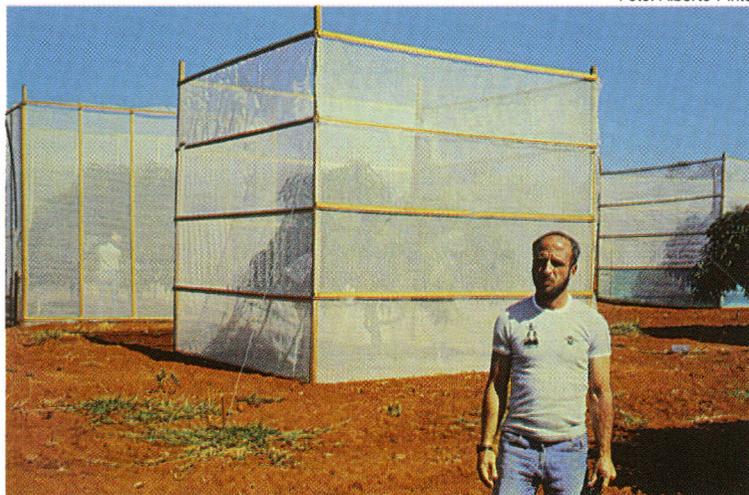


Fig. 1. Proteção com telado permite a manutenção de plantas enxertadas com duas ou mais variedades, possibilitando o policruzamento; esterco de galinha (úmido) dentro do telado facilita a reprodução de moscas polinizadoras e aumenta a eficiência da polinização.

Nesse último procedimento é importante usar plantas com porte reduzido (Pinto, 1994b) e colocar no telado moscas ou abelhas para funcionarem como agentes polinizadores. Apesar dessas dificuldades, a Índia tem lançado excelentes variedades híbridas como Mallika e Amrapali (Sharma et al., 1972), Bangalora, Ratna e Rumani (Salvi & Gunjate, 1988; Ramaswamy, 1988) com hábito anão de crescimento e a Bhadauran (Prasad et al. 1965) resistente à malformação desenvolvida em programas de melhoramento por meio de hibridação intervarietal, a maioria usando o método de polinização controlada.

Iyer & Dinesh (1996) relatam que o conhecimento das diferenças entre cultivares, em relação à receptividade do estigma, é essencial para a escolha adequada dos progenitores femininos em um programa de melhoramento envolvendo hibridação. Informam também que ambos, horário de polinização e progenitor feminino são fatores fundamentais de sucesso nas polinizações, embora a interação entre eles tenha maior efeito. Em 'Tommy Atkins', 'Sensation' e 'Kent', os resultados mostraram que maiores taxas de sucesso em polinizações manuais foram obtidas pela manhã, enquanto que em 'Isis' e 'Keitt' essa maior eficiência ocorreu pela tarde (Robbertse et al., citados por Iyer & Dinesh, 1996).

Em um programa de melhoramento por hibridação em manga, normalmente as progênies híbridas são submetidas, basicamente, a duas fases de seleção (Iyer & Dinesh, 1996; Lavi et al., 1996; Tomer et al., 1996): a fase inicial e a fase secundária.

Na fase inicial de seleção ou primária, as progênies são selecionadas com base nas seguintes características:

- a) Porte da planta ou nanismo.
- b) Precocidade de produção.
- c) Tamanho e forma de fruto.
- d) Coloração da casca.
- e) Qualidades física e química do fruto.
- f) Ocorrência de distúrbios fisiológicos nos frutos.
- g) Suscetibilidade a pragas e doenças.
- h) Vida pós-colheita.
- i) Época de colheita.

No estágio inicial, normalmente as características como produtividade potencial e características da copa da planta não são consideradas, e a seleção é realizada apenas no local de origem do programa.

Na segunda fase da seleção ou seleção secundária, as plantas selecionadas são utilizadas como copa e testadas contra cultivares-padrões, de modo que, além das características acima mencionadas, também são consideradas outras características importantes, como produtividade, estrutura de copa e regularidade da produção. Nessa fase, a seleção deve ser realizada em diversos locais e, de preferência, abrangendo todas as regiões alvo da nova cultivar que se pretende desenvolver (Iyer & Dinesh, 1996; Tomer et al., 1996).

A despeito das dificuldades encontradas para levar a efeito um programa de melhoramento por hibridação através de cruzamentos controlados, significativos progressos têm sido alcançados nos últimos anos (Iyer & Dinesh, 1996). Em Israel, os resultados contemplam 24 seleções avançadas identificadas, sendo que duas delas foram lançadas como novas cultivares (Lavi et al., 1996; Tomer et al., 1996); na Índia, muitas cultivares híbridas, desenvolvidas através de programas de hibridação controlada, têm sido lançadas e, gradativamente, têm ganho espaço entre os produtores (Gunjante & Burondkar, 1993; Iyer & Dinesh, 1996); e na Austrália, o cruzamento 'Sensation' x 'Kensington' tem resultado em algumas seleções altamente promissoras, especialmente em termos de qualidade de fruto e coloração da casca (Whiley et al., 1993).

Seleção Clonal

É um procedimento usado normalmente quando se aplica o método de hibridação intervarietal. Em sua forma mais simples, consiste do cruzamento de parentais heterozigotos seguido da seleção, clonagem e avaliação de plantas de interesse, na geração F_1 (Fehr, 1987). A formação dos clones já a partir dos híbridos F_1 é o mais recomendado, embora possa ser repetida ou efetuada também em gerações subsequentes. Com a elevada heterozigose existente em mangueira os cruzamentos intervarietais da geração F_1 é semelhante a uma F_2 .

Em plantas de propagação assexuada, a seleção clonal é, normalmente, empregada como parte dos demais procedimentos, especialmente na introdução de plantas e no melhoramento por hibridação. O pressuposto básico para que se obtenha sucesso quando se emprega essa metodologia é a presença de indivíduos superiores para a obtenção de clones (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995).

Nesse procedimento como definido acima, a intensidade de seleção deve ser branda no início das avaliações, à exceção de quando se tratar de características de alta herdabilidade, e somente quando o número de indivíduos for elevado o suficiente para minimizar o efeito da variância ambiental, a seleção deve ser intensificada. Contudo, a obtenção de resultados confiáveis somente é assegurada quando a seleção for baseada em avaliações feitas em vários locais e anos. A ocorrência de variações outras que não as devidas às causas ambientais podem ser atribuídas a fatores diversos, como efeitos de mutação (Poehlman & Sleper, 1995). A seleção clonal também pode ser considerada como a seleção intraclonal, ou seja, seleção dentro de uma cultivar propagada assexuadamente (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995; Iyer & Dinesh, 1996), como ocorre com a maioria das fruteiras perenes.

A seleção clonal tem produzido resultados valiosos em manga e, portanto, parece ser válida especialmente em países onde certas cultivares estão em cultivo por longos períodos (Iyer & Dinesh, 1996). Mutações somáticas acumuladas ao longo dos anos são preservadas através da propagação vegetativa, oferecendo oportunidade para seleção de clones dentro de cultivar. Naik (1948) relatou a existência de variação intraclonal para várias características de frutos de manga, e desde então muitos outros estudos foram realizados sobre o assunto (Singh & Chadha, citados por Iyer & Dinesh, 1996; Singh et al., 1985; Singh, citado por Iyer & Dinesh, 1996). Em um estudo de 13 anos, envolvendo diferentes clones originados da cultivar Dashehari, Singh & Chadha, citados por Iyer & Dinesh (1996), observaram que um deles foi marcadamente superior aos demais em relação à regularidade da produção, produtividade e resistência à malformação. Por sua vez, Singh et al. (1985) conseguiram isolar, com base na produtividade e qualidade de frutos, dois clones da cultivar Langra, que se mostraram bem superiores à cultivar de origem, em relação a essas características. Mayers et al., citados por Iyer & Dinesh (1996), e Whiley et al. (1993), relataram que seleções promissoras dentro da cultivar Kensington têm sido identificadas na Austrália.

Na seleção clonal, a avaliação dos novos clones deve seguir os mesmos procedimentos dos demais métodos cujos experimentos devem ser repetidos em diferentes ambientes, onde os novos materiais gerados são comparados entre si e com cultivares comerciais padrões (Fehr, 1987; Poehlman & Sleper, 1995; Falconer, 1989; Iyer & Dinesh, 1996; Borém, 1997), visando confirmar a superioridade destes. Outro aspecto importante e que pode contribuir, significativamente, para o sucesso do procedimento é a utilização de marcadores isoenzimáticos e/ou moleculares, para detectar se de fato os novos clones diferem geneticamente da cultivar ou cultivares que lhes deram origem (Iyer & Dinesh, 1996).

Policruzamento e Seleção entre Populações de Meio-irmãos

Esse método consiste no intercruzamento natural entre todos os genótipos selecionados e plantados em determinada área. Utiliza-se, para tanto, um campo isolado para evitar contaminações indesejáveis e arranja-se os genótipos nesse campo, de tal forma a possibilitar todos os cruzamento entre eles (Fehr, 1987; Borém & Cavassim, 1999). A grande vantagem desse procedimento é que com o intercruzamento entre todos os parentais, aumentam-se as chances de se obter novas combinações híbridas superiores.

Esse método foi desenvolvido visando o melhoramento de espécies alógamas, principalmente aquelas com flores hermafroditas pequenas, pela dificuldade de se efetuar

cruzamento artificial (Bravo et al., 1981), como é o caso da mangueira. No caso da mangueira, existem as seguintes vantagens:

- a) Permite a obtenção de ganhos de seleção similares aos obtidos em cruzamentos biparentais, apesar da possibilidade de ocorrência de autofecundação (Fehr, 1987).
- b) Necessita de menos mão-de-obra especializada, como no caso de hibridação controlada.
- c) Permite a utilização de maior número de parentais, o que aumenta as possibilidades de ampliação da base genética do germoplasma.

Em um campo para policruzamento deve-se considerar os seguintes pontos:

- a) Seleção dos parentais, a qual é feita com base nas características de interesse e nos objetivos do programa de melhoramento, deve-se levar em consideração a época de floração. Se os parentais incluídos do policruzamento apresentarem diferentes épocas de florescimento, a eficiência dos cruzamentos é reduzida (Borém & Cavassim, 1999).
- b) Formação do campo de policruzamento, de tal forma que um dado parental deva aparecer lado a lado de todos os demais parentais podendo ser maximizado. Para se conseguir isso, o ideal é que o número de vezes em que um determinado parental aparece no campo seja igual ao número total de parentais (Stuber, 1980; Barros et al., 1993), pois nesse caso, cada parental terá a oportunidade real de polinizar e de ser polinizado por todos os demais parentais. Por exemplo, se 25 parentais são selecionados para formar um campo de policruzamento, então o número total de plantas nesse campo será de 625, e cada parental contribuirá com 25 plantas, todas originadas de propagação vegetativa. Normalmente, utiliza-se para se fazer esse arranjo delineamentos experimentais, sendo o de blocos ao acaso e o quadrado latino os dois mais indicados (Fehr, 1987; Borém & Cavassim, 1999).
- c) Obtenção e avaliação das progênies policruzadas. Nesse ponto, duas possibilidades são possíveis: na primeira, considera-se o número de progênies igual ao número total de plantas no campo e, na segunda, o número de progênies é igual ao de parentais. Nesse último caso, cada progênie é formada por uma mistura de sementes das plantas de cada parental (Stuber, 1980). É fácil de se observar que a primeira opção aumenta o número de plantas a serem avaliadas e, conseqüentemente, aumenta também a precisão experimental.
- d) Seleção fenotípica individual no campo de progênies policruzadas, seguida de avaliação clonal, conforme descrita no subtítulo Seleção Clonal.

A clonagem em qualquer etapa do melhoramento, conforme já abordado, possibilita que a viabilidade nas progênies policruzadas seja aumentada em relação aos genótipos iniciais e, assim, aumenta a probabilidade de surgir combinações genéticas favoráveis.

Na literatura, a única referência encontrada sobre a aplicação desse método no melhoramento da mangueira é dada por Pinto & Ferreira (1999), os quais relatam que esse método está sendo adotado no novo programa de melhoramento da manga da Embrapa Cerrados. Nesse programa, os parentais estão arrançados no campo seguindo o delineamento experimental quadrado latino (Fig. 2), no qual cada parental (variedade plêiade pré-selecionada) aparece uma única vez em cada linha e coluna, facilitando o policruzamento.

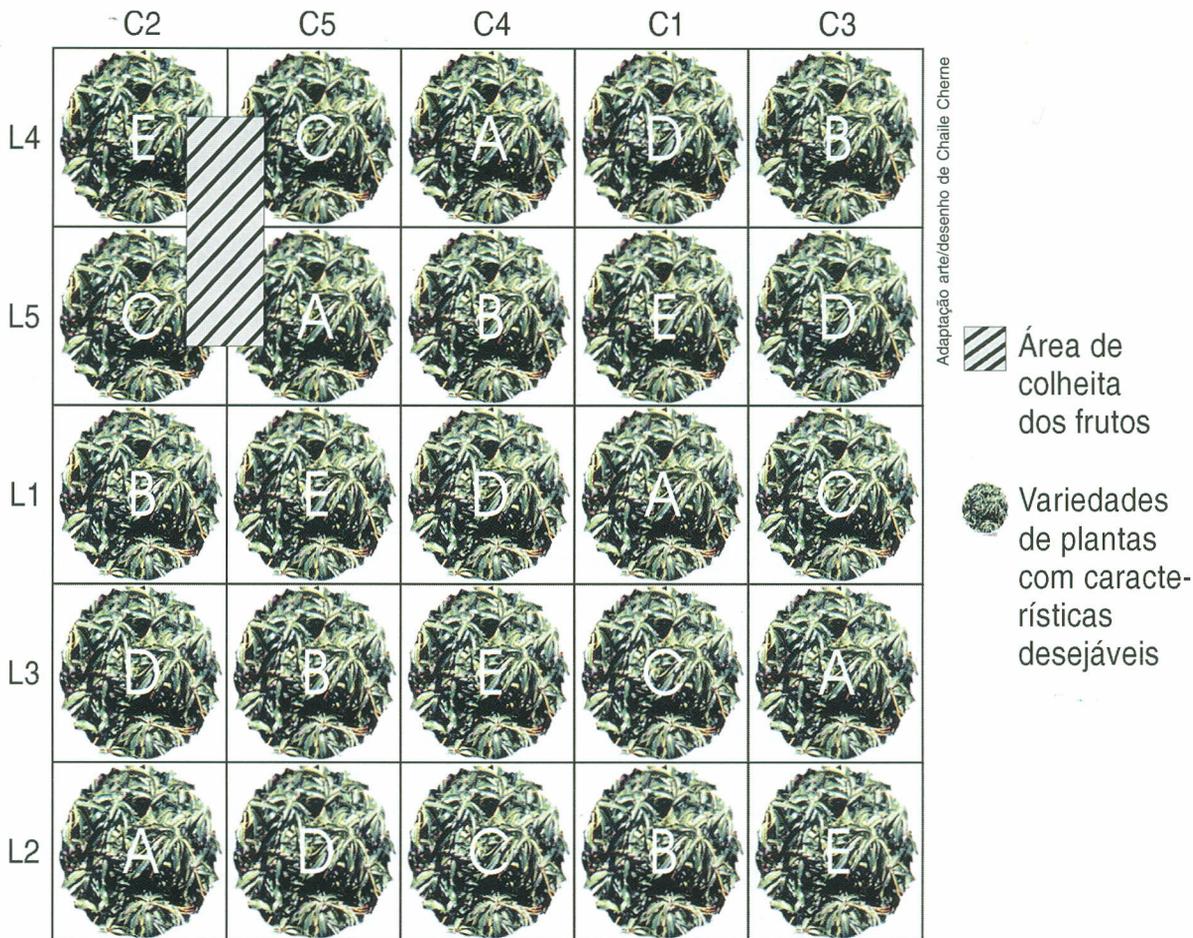


Fig. 2. O delineamento do quadrado latino, usando-se variedades pré-selecionadas (plêiades), facilita o policruzamento e o estudo da herança.

Considerando a baixa eficiência dos cruzamentos biparentais controlados na manga, em termos de pegamento de frutos, utilização de mão-de-obra especializada e, também, pela limitação de progenitores que podem ser manejados no programa, o policruzamento parece ser um procedimento que tem muito a contribuir para impulsionar o melhoramento dessa espécie, apesar de ainda não se dispor de dados que mostrem a performance desse método na espécie em referência.

Melhoramento para Resistência a Pragas e Doenças

O trabalho de melhoramento contra pragas e doenças em mangueira é composto por dois programas distintos: melhoramento para obtenção de porta-enxertos poliembriônicos resistentes a *Ceratocystis fimbriata*; e melhoramento de copas para pragas e doenças.

Melhoramento para Porta-enxertos Resistentes

Esse programa de melhoramento tem por objetivo obter variedades poliembriônicas de mangueira, com características favoráveis para porta-enxerto e que sejam resistentes ao fungo *Ceratocystis fimbriata* causador da doença denominada seca-da-mangueira. Existem dois tipos dessa doença com sintomatologias típicas e distintas: a seca-das-raízes e a seca-da-copa. A seca-das-raízes é causada pela infecção do sistema radicular pelo *Ceratocystis fimbriata* e passa despercebida de início. No estágio avançado, a doença começa a inibir a brotação da árvore, provoca o murchamento e queda das folhas e termina por causar a

morte completa da árvore em alguns meses. Nessas condições, se o tronco da árvore próximo ao solo for descascado com um facão, percebe-se que o tronco exibe uma coloração marrom, típica de tecido infectado pelo fungo, contrastando com a coloração amarela dos tecidos saudáveis em regiões mais altas da árvore. Em diversas regiões do Brasil, onde ocorre essa doença, o uso de porta-enxertos resistentes é fundamental para dar sustentabilidade à mangicultura, já que até o momento é o único método de controle recomendado para a seca-das-raízes.

Variabilidade da Resistência para *Ceratocystis fimbriata* nas Raízes

A condição essencial para se fazer melhoramento é a ocorrência de variabilidade genética. A ocorrência de variabilidade nas raízes de porta-enxertos de mangueira foi estudada quando da inoculação do fungo *Ceratocystis fimbriata* no solo de plantas envasadas, em condições de casa de vegetação (Ribeiro et al., 1986b; Ribeiro, 1993; Ribeiro et al., 1995). Inicialmente foi constatado que a variedade Ubá, que no Estado de São Paulo é denominada Jasmin, era totalmente resistente ao fungo inoculado diretamente na planta ou quando inoculado através da rega do solo das mudas envasadas com a cultura do fungo dissolvida em água (Ribeiro et al., 1986b). Foi, todavia, descoberta na Estação Experimental de Ribeirão Preto uma árvore de pé franco da variedade Ubá (Jasmin), morrendo com infecção de *C. fimbriata* nas raízes. O biótipo de *C. fimbriata* isolado dessa árvore provou ser patogênico à variedade Ubá (Jasmin) (Ribeiro et al., 1986a).

A partir dessa constatação, os testes de resistência de porta-enxertos passaram a ser feitos com dois biótipos do fungo, IAC FITO 334-1 que é patogênico a Haden e outras variedades suscetíveis e não é patogênico a Ubá (Jasmin) e IAC FITO 4905 patogênico a Haden e também a Ubá (Jasmin). A Tabela 2 apresenta um sumário extraído de Ribeiro (1993) e Ribeiro et al. (1995), mostrando a grande variabilidade entre variedades de mangueira para resistência a dois biótipos de *C. fimbriata* nas raízes.

Melhoramento de Porta-enxertos para Resistência a *C. fimbriata*

Foi desenvolvida uma metodologia de melhoramento, face a existência de grande variabilidade de resistência em raízes de porta-enxertos de mangueira ao fungo *C. fimbriata*.

O primeiro método é de introdução e seleção de variedades resistentes. A Tabela 2 mostra que as variedades Carabao (Manila), Pico e Manga D'água são resistentes aos dois biótipos conhecidos do fungo *C. fimbriata*. Dessas, a variedade Carabao (Manila) demonstrou ser um excelente porta-enxerto para mangueira. As árvores apresentam regularidade de produção e produzem grande número de frutos (500 a 800 frutos por árvore com 10 anos) pequenos (250 a 300 g). As sementes podem ser retiradas do interior do endocarpo com muita facilidade e germinam muito bem. As plantas jovens apresentam um bom desenvolvimento e a enxertia apresenta alto índice de pegamento. A experimentação de campo conduzida em São Paulo indica boa produtividade das copas enxertadas em Carabao (Manila) (Rossetto et al., 1998) que é considerado o principal porta-enxerto utilizado no México (Gálan Saúco, 1999). Os frutos desse porta-enxerto têm polpa sem fibra, de excelente qualidade e indicada para consumo in natura ou fabricação de compota ou suco. Apesar dessas virtudes, o porta-enxerto 'Carabao' ('Manila') apresenta uma limitação para utilização na principal região produtora de mudas do Estado de São Paulo, Limeira. Tem o caule com espessura mais fina a 50 cm de altura, onde normalmente é feita a enxertia na região de Limeira. Nessa região, o porta-enxerto mais utilizado é Rosinha, um excelente porta-enxerto, mas suscetível ao fungo.

Tabela 2. Porcentagem de mortalidade de plantas envasadas em estufa, de variedades de mangueiras poliembrionicas, com inoculação de dois biótipos de *Ceratocystis fimbriata* através da rega do solo com a cultura de fungo dissolvida em água.

Variedades	Biótipo IAC FITO 4905 (patogênico à 'Ubá')		Biótipo IAC FITO 334-1 (não patogênico à 'Ubá')	
	Porcentagem	Reação	Porcentagem	Reação
Amarelinha	25,0	Suscetível	12,5	Resistente
Ametista	75,0	Suscetível	100,0	Alta suscetibilidade
Bocado	80,0	Suscetível	20,0	Resistente
Bourbon	100,0	Alta suscetibilidade	90,0	Alta suscetibilidade
Brasil	40,0	Suscetível	80,0	Suscetível
Carabao	20,0	Resistente	0,0	Alta resistência
Castro	40,0	Suscetível	30,0	Suscetível
Cecília Carvalho	70,0	Suscetível	90,0	Alta suscetibilidade
Coquinho	100,0	Alta suscetibilidade	100,0	Alta suscetibilidade
Coração-de-boi	50,0	Suscetível	0,0	Alta resistência
Espada	100,0	Alta suscetibilidade	10,0	Resistente
Florigon	20,0	Resistente	100,0	Alta suscetibilidade
J. Alemão	90,0	Alta suscetibilidade	50,0	Suscetível
Jasmin (Ubá)	60,0	Suscetível	0,0	Alta resistência
Maçã	80,0	Suscetível	80,0	Suscetível
Manga D'agua	10,0	Resistente	0,0	Alta resistência
Maracanã	100,0	Alta suscetibilidade	100,0	Alta suscetibilidade
Mato Dentro	90,0	Alta suscetibilidade	60,0	Suscetível
Modesta	60,0	Suscetível	20,0	Resistente
Oliveira Neto	62,5	Suscetível	37,5	Suscetível
Ourinho	37,5	Suscetível	12,5	Resistente
Pavão	20,0	Resistente	60,0	Suscetível
Pele-de-moça	100,0	Alta suscetibilidade	90,0	Alta suscetibilidade
Pico	10,0	Resistente	0,0	Alta resistência
Pingo-de-ouro	90,0	Alta suscetibilidade	80,0	Suscetível
Vitória	40,0	Suscetível	0,0	Alta resistência

0 = alta resistência, 10-20 = resistente, 25-80 = suscetível, 90-100 = alta suscetibilidade.
 Fonte: Dados adaptados de Ribeiro (1993) e Ribeiro et al. (1995).

Nesse tipo demonstrado na Tabela 2, a chance de escape é praticamente nula, visto que as plantas são inoculadas repetidas vezes até a estabilização da mortalidade.

O segundo método de melhoramento de porta-enxerto é a seleção para resistência dentro da variedade poliembrionica. A mortalidade provocada pela inoculação de *C. fimbriata* no solo, em geral, é menor que 100%, ocorrendo, na grande maioria dos casos, plantas sobreviventes.

Normalmente as plantas sobreviventes são resistentes ao fungo utilizado na inoculação. Podem ser plantas segregantes, mas podem também ser pequenas variações da variedade poliembriônica original. As plantas sobreviventes devem ser plantadas no campo até produzirem os frutos. Estes serão plantados em vasos (sacos de plástico) e testados para resistência da forma já descrita. Assim foram obtidos os porta-enxertos resistentes IAC 101, IAC 102 Touro e IAC 106 Jasmin. O IAC 101 foi erroneamente denominado de Coquinho. Trata-se na verdade de IAC 101 Ourinho. Nenhum desses três porta-enxertos foram aceitos pelos viveiristas de Limeira, SP, pela dificuldade que apresentam para retirada da semente do interior do endocarpo. No momento, um programa de seleção para resistência dentro da variedade Rosinha, utilizada como porta-enxerto em Limeira, SP, está em andamento, plantando-se mil sementes todo ano e fazendo-se inoculação direta de *C. fimbriata* nas plantas quando atingem 150 cm de altura. Dentro de alguns anos espera-se ter um porta-enxerto Rosinha resistente ao fungo e com todas as características exigidas pelos viveiristas de Limeira, SP.

Melhoramento para Copas Resistentes

Esse programa tem por objetivo obter cultivares que combinem alta produtividade e qualidade dos frutos com resistência a mosca-das-frutas, antracnose, oídio, malformação e seca-da-mangueira. É sem dúvida um objetivo difícil de ser atingido, mas a seleção no ano 2000 da variedade IAC 111, uma filha de mãe desconhecida com pai ignorado, com alta resistência à mosca-das-frutas, resistência à antracnose e seca-da-mangueira, com boa qualidade de fruto, demonstra que o objetivo é viável. A IAC 111 é altamente suscetível à malformação e sua produtividade, ainda sendo avaliada, não parece ser boa. Ela deve ser usada como paternal no programa de melhoramento.

Variabilidade da Resistência para Doenças e Pragas da Copa

Os frutos da mangueira são infestados por mosca-das-frutas, principalmente espécies de *Anastrepha*, especialmente *Anastrepha obliqua*. A variabilidade das variedades de mangueira para resistência à mosca-das-frutas é grande. Carvalho et al., 1996, verificaram na Bahia, que a variedade Espada, que em São Paulo é denominada Bourbon, tem alta resistência à mosca-das-frutas em condições de campo. Os resultados obtidos em Votuporanga, SP, sumarizados na Tabela 3, confirmam a resistência da 'Bourbon' (denominada de 'Espada' no Nordeste). A nova seleção denominada IAC 111 tem alta resistência à mosca-das-frutas (Tabela 3). Enquanto o *seedling* obtido de mãe Van Dyke com pai ignorado (Tabela 3) apresentava 83,3% de frutos infestados com mosca-das-frutas, a IAC 111 plantada a seu lado em Votuporanga, SP, não apresentava frutos infestados. Isso demonstra que existe boa variabilidade para resistência à mosca-das-frutas em manga e que é possível selecionar variedades com frutos de boa qualidade e resistentes à mosca.

A antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum gloesporioides* é uma das doenças mais nocivas à mangueira. A variabilidade em relação a essa doença é reconhecida por diversos autores (Cunha et al., 1993; Soares, 1994; Donadio et al., 1996; Junqueira et al., 2001). As cultivares Sensation e Bourbon podem ser consideradas altamente suscetíveis; Haden e Espada Vermelha suscetíveis; Alfa, Tommy Atkins, Van Dyke e Ourinho são consideradas resistentes.

Outra doença de ampla ocorrência e muito nociva à mangueira é a malformação causada por *Fusarium sacchari* (Anjos et al., 1998).

Tabela 3. Avaliação da resistência de variedades de mangueira para mosca-das-frutas, em condições de infestação natural de campo, através da porcentagem de infestação (% de frutos infestados) e da intensidade de infestação (porcentagem da área de polpa do fruto infestado) em Votuporanga, SP.

Variedade	Infestação	Intensidade de infestação	Classificação da resistência
		%	
IAC 111	0,0	0,0	Alta resistência
Bourbon	3,3	0,2	Alta resistência
Ourinho	26,6	2,2	Resistência moderada
IAC 109 Votupa	36,6	5,1	Suscetível
Van Dyke	46,6	5,4	Suscetível
Winter	46,6	7,2	Suscetível
Tommy Atkins	53,3	11,1	Suscetível
Haden 2H	63,3	11,6	Suscetível
F ₁ (Van Dyke x pai desconhecido)	83,3	24,2	Alta suscetibilidade
F ₁ (Sensation x pai desconhecido)	93,3	45,7	Alta suscetibilidade

O germoplasma de mangueira apresenta boa variabilidade para a malformação floral. A Tabela 4 mostra o comportamento de quatro cultivares em relação à malformação floral. A variedade Winter pode ser considerada resistente à malformação. A verrugose causada por *Elsinoe mangifera* é muito nociva à manga em locais com umidade alta no ar. A maioria das variedades é suscetível, mas a variedade Tommy Atkins é altamente resistente à verrugose.

Tabela 4. Número médio de inflorescências malformadas contadas durante 1 minuto de observação em cada árvore, em quatro variedades de mangueira, em blocos completos ao acaso com 18 repetições, em Votuporanga, SP.

Variedades	Número de inflorescências malformadas	Classificação do comportamento para malformação
Winter	5,29 a	Resistente
Tommy Atkins	22,81 b	Resistente
Van Dyke	28,66 bc	Suscetível
Haden 2H	35,44 c	Muito suscetível

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Outro fungo que causa danos à mangueira é o *Oidium mangiferae*. Algumas variedades como Glen e Mallika são tão suscetíveis ao oídio que têm produção nula em locais onde a doença ocorre e quando não são pulverizadas. A maioria das variedades cultivadas tem certa tolerância a essa doença.

A seca-da-mangueira sobre a copa é causada pelo fungo *Ceratocystis fimbriata*, e pode ser controlada pelo corte e queima dos ramos infectados, o que a torna menos nociva que a seca-das-raízes.

Uma resistência moderada ao patógeno na copa já é suficiente para o manejo adequado da doença. A Tabela 5 mostra que a Haden, assim como a Extrema e a Bourbon comum, que não constam da tabela, são as variedades mais suscetíveis à seca-da-mangueira. A IAC 100 Bourbon apresenta uma resistência apenas moderada. A variedade Kent serve como separadora dos biótipos conhecidos, pois apresenta o mesmo comportamento da Ubá (em São Paulo, denominada de Jasmin), suscetível ao biótipo IAC FITO 4905 resistente ao biótipo IAC FITO 334-1.

Além das doenças causadas por fungos, ocorrem também as denominadas doenças fisiológicas, para as quais existe uma grande variabilidade na mangueira. A região oeste do Estado de São Paulo é uma das regiões com menor teor de boro do mundo. Níveis críticos inferiores a 10 mg por kg de folha são de ocorrência comum em mangueiras nessa região. A maioria das variedades de mangueira, nessas condições, apresentam acentuada queda de frutinhas novos. Foi verificado que o germoplasma de mangueira pode ser classificado em tolerante a níveis baixos de boro, como a variedade Winter; intermediário como Tommy Atkins e sensíveis como Haden e Van Dyke (Rossetto et al., 1999).

Outra doença fisiológica expressiva é o colapso interno do fruto relacionado com baixos teores de Ca, em relação a N. As variedades mais suscetíveis são Tommy Atkins e Van Dyke. A variedade Espada Stahl apresenta alta tolerância a esse problema fisiológico.

Método de Melhoramento de Copas para Resistência a Pragas e Doenças

Visto que existe grande variabilidade no germoplasma de manga para resistência às diversas pragas e doenças, a atitude lógica e racional do melhorista é utilizar essa variabilidade para obter cultivares que combinem alta produtividade e qualidade do fruto com resistência às principais pragas e doenças.

O primeiro método de melhoramento utilizado sempre é o de introdução e seleção. Exemplo clássico disso ocorreu no Estado de São Paulo, onde a cultivar Haden, muito suscetível à seca-da-mangueira, muito sensível à deficiência de boro, muito suscetível à antracnose e verrugose, foi substituída pela introdução da Tommy Atkins que é menos suscetível à seca-da-mangueira (Tabela 5), semitolerante à deficiência de boro e resistente à antracnose e verrugose.

O segundo método é da hibridação e seleção. Para melhoramento contra pragas e doenças, o Instituto Agrônomo de Campinas tem um programa de hibridação natural em campos de policruzamento, onde apenas as mães têm identidade conhecida. Isso permite trabalhar com número alto de *seedlings*. Com a identificação de pais com potencialidade para dar bons descendentes, o programa está evoluindo para combinações paternas com hibridação natural em condição de isolamento, o que permitirá a obtenção de determinadas combinações híbridas com quantidade grande de *seedlings*.

Quanto à metodologia de seleção, é necessário considerar primeiro o tipo de distribuição da praga ou doença no campo. Na área biológica, a distribuição uniforme não existe. Ocorrem dois tipos de distribuição: a normal, que é mais freqüente, e a distribuição em reboleira ou binomial negativa.

No caso da seca-da-mangueira, todavia, a distribuição é em reboleira e além disso sua ocorrência é demorada. Para essa doença é necessária a inoculação artificial do patógeno para fazer a seleção. Normalmente isso é feito no viveiro quando as mudas atingem 150 cm de altura. A inoculação é feita provocando-se um ferimento pela retirada de uma folha e posterior pulverização no local da ferida com uma suspensão aquosa de

esporos do fungo. A seleção é feita 90 dias após a inoculação. Nos materiais suscetíveis, o fungo cresce rapidamente podendo infectar até 50 cm do ramo em 90 dias. No programa de seleção para copas, apenas as plantas altamente suscetíveis são eliminadas, porque uma resistência moderada à seca-da-mangueira na copa já é suficiente para um bom manejo do pomar. No caso da seleção para porta-enxertos, somente as plantas com alta resistência são aproveitadas.

Tabela 5. Comportamento de 15 variedades de mangueira utilizadas como copa, em relação a dois biótipos de *Ceratocystis fimbriata*, avaliado pela extensão do ramo infectado pelo fungo 80 dias após sua inoculação em Mococa, SP.

Variedades	Biótipo IAC FITO 4905 (patogênico à Ubá)		Biótipo IAC FITO 334-1 (não patogênico à Ubá)	
São Quirino	1,3a	Alta resistência	0,3a	Alta resistência
Irwin	3,5ab	Resistente	1,2ab	Alta resistência
Van Dyke	4,3ab	Resistente	8,3a-d	Resistência moderada
Edward	6,8abc	Resistência moderada	12,8abc	Suscetível
Tommy Atkins	8,3ad	Resistência moderada	15,5de	Suscetível
IAC 100 Bourbon	8,9 ad	Resistência moderada	11,7a-d	Suscetível
Sensation	11,9 be	Suscetível	13,7cde	Suscetível
Smith	13,2 cde	Suscetível	8,8a-d	Resistência moderada
Kent	15,8 def	Suscetível	0,9ab	Alta resistência
Glenn	19,5 efg	Suscetível	30,4g	Alta suscetibilidade
Joe Welch	19,5 efg	Suscetível	12,2a-e	Suscetível
Palmer	22,0 fg	Alta suscetibilidade	18,7def	Suscetível
Zill	24,6 g	Alta suscetibilidade	23,6efg	Alta suscetibilidade
Haden	26,2 g	Alta suscetibilidade	27,2fg	Alta suscetibilidade
Médias	13,0		12,5	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.
Fonte: Dados adaptados de Rossetto et al. (1996).

Um patógeno importante para a mangicultura brasileira é o fungo *Botryodiplodia theobromae*, causador de diversas doenças em mangueira. Pode causar morte de mudas recém-enxertadas em viveiro com sintomas semelhantes a *damping-off*; pode causar danos a flores e frutos com sintomas semelhantes à antracnose; e pode ainda causar seca de árvores com incidência no tronco com sintomas muito semelhantes à seca-da-mangueira. A incidência desse patógeno, ao contrário dos demais, é errática. Pode causar grandes danos em mudas em determinado local. Quando é montado um experimento varietal nesse local ele não mais ocorre frustrando o pesquisador. Outrossim, as tentativas até agora feitas para inocular artificialmente esse patógeno em mangueira não foram bem sucedidas. Esse é o único patógeno da mangueira para o qual não existe um método prático para selecionar plantas resistentes. A expectativa é desenvolver essa metodologia já que esse patógeno é muito importante para a cultura da mangueira no Brasil.

No caso das doenças e pragas da mangueira, a distribuição geralmente é normal, o que permite fazer seleção em condições naturais de campo. Em geral, a ocorrência das doenças e mosca-das-frutas na ausência de medidas de controle é alta, o que permite fazer seleção em condições naturais de campo sem necessidade de inoculação artificial do patógeno ou infestação artificial da mosca-das-frutas.

Outros Métodos e Estratégias

Várias outras estratégias ou procedimentos podem ser utilizados no melhoramento da manga, com maior ou menor grau de possibilidade de sucesso. A indução de mutações,

o uso de variantes somaclonais resultantes de plantas micropropagadas e o índice de seleção são algumas dessas estratégias.

Em relação à indução de mutações, a sua aplicação no melhoramento da manga tem resultado no lançamento de algumas cultivares no Brasil. Por exemplo, a cultivar IAC 100 Bourbon, que apresenta resistência moderada à *Ceratocystes fimbriata*, originou-se, de acordo com Rosseto et al. (1996, 1997), de uma mutação da cultivar Bourbon. Também originaram-se por esse método as cultivares IAC 101 Coquinho, IAC 102 Touro, IAC 106 Jasmin, IAC 107 Castro e IAC 108 Bocado (Rosseto et al., 1997).

As variações somaclonais são alterações genéticas e fenotípicas originadas durante o cultivo *in vitro* da planta. Podem afetar qualquer região do genoma da planta, resultando em vários tipos de arranjos no genoma da planta, como: alterações no número e arranjo de cromossomos; alterações no número de cópias dos genes; variações nas sequências de DNA metilado; ativação de elementos de transposição e mutações de ponto (Scrowcroft, 1984). No caso específico da manga, embora a literatura não disponha de informações sobre seu emprego no melhoramento, pode ser um procedimento a ser aplicado no futuro, desde que a ocorrência das variantes seja elevada e necessária para utilização de forma eficiente.

O índice de seleção consiste na combinação de todas as características a serem melhoradas em um índice, o qual, teoricamente, dentre todas as metodologias de seleção, é a opção mais eficiente (Falconer, 1989). O índice é construído com o objetivo de melhorar o valor genético agregado do indivíduo, e, nesse índice, cada característica é apropriadamente balanceada através do estabelecimento de pesos, de acordo com sua importância econômica relativa. Contudo, uma das dificuldades de se aplicar o índice de seleção em fruteiras e, em especial, em manga, é a falta de um procedimento eficiente para o estabelecimento desses pesos (Souza, 1996). Baker (1986) sugeriu que uma opção viável é estabelecer os pesos econômicos, considerando a proporcionalidade dos caracteres envolvidos no índice. Por exemplo, sabe-se que o porte pequeno da planta, a coloração vermelha da casca e a longa vida pós-colheita são três importantes características no desenvolvimento de cultivares de manga para as condições do Nordeste. Para essas características, diz-se, hipoteticamente, que uma redução de 0,5 m no porte da planta, um aumento de 1,0 unidade na coloração vermelha (escala de 0 a 9, onde 0 = 0-10% e 9 = 90-100% de coloração vermelha, respectivamente) e um aumento de cinco dias na vida de prateleira, teriam todos o mesmo valor econômico relativo. Assim, para conferir a essas características o mesmo valor no índice de seleção, os pesos relativos das mesmas seriam: 10, 5 e 1, respectivamente. Apesar da maior eficiência desse método, a sua utilização em plantas tem sido restrita, provavelmente, porque é um método sofisticado e que exige a disponibilidade de estimativas de parâmetros genéticos, como por exemplo herdabilidade e correlações genotípicas e fenotípicas. Na maioria dos programas de melhoramento, os dados não permitem estimativas apropriadas desses parâmetros, principalmente nos estudos de herança genética.

Estudo da Herança em Mangueira

A poliembrião em mangueira é um caráter sob controle genético, possivelmente um fator recessivo controlado por um simples par de gens. Análises de progênies de mangas monoembriônicas cruzadas com poliembriônicas indicam que a monoembrião é um caráter dominante (Sturrock, 1968). No entanto, um indivíduo que contém somente um dos alelos recessivos será heterozigótico e poderá ou não apresentar um fenótipo poliembriônico. Como exemplo, a variedade Simmonds é uma poliembriônica originada do cruzamento entre a 'Haden' (monoembriônica, heterozigótica dominante) com a 'Carabao' (poliembriônica, homozigótica recessiva). O número de embriões adventícios é muitíssimo influenciado por

fatores ambientais, tais como a nutrição e o clima (Knight, 1970). A diferenciação entre o embrião nucelar e o zigótico tem sido possível mediante análise enzimática do tecido nucelar (Schnell & Knight, 1994). Entretanto, esse tipo de estudo é muito difícil de ser aplicado na prática, deixando o mangicultor ainda indeciso e continuando a escolher a plântula mais vigorosa na sementeira como sendo a planta nucelar.

Nos trabalhos de melhoramento por hibridação da Embrapa Cerrados, em Brasília, tem-se observado um elevado percentual de suscetibilidade à malformação floral nas progênies cujos grupos parentais continham a cultivar Tommy Atkins. De 23 progênies do cruzamento entre 'Tommy Atkins' x 'Mallika', todas mostraram-se suscetíveis à malformação, e de 49 progênies oriundas do cruzamento 'Winter' x 'Tommy Atkins', 47 plantas mostram sintomas de malformação floral. Com esse resultado, pode-se criar a hipótese de que a malformação floral em mangueira esteja sob controle genético de forma monogênica e cuja expressão nas progênies F_1 é homocigótica dominante.

Situação Atual do Melhoramento da Manga no Brasil

No Brasil, os programas de melhoramento de manga bem organizados são apenas três e são desenvolvidos pelas seguintes instituições: Embrapa Cerrados, Instituto Agrônomo de Campinas – IAC – e Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/Unesp, em Jaboticabal, SP. O programa da Embrapa Cerrados tem sido, basicamente, desenvolvido com base na hibridação controlada, embora o processo de cruzamento aberto já ter sido feito anteriormente, e pretende-se retornar sua aplicação com o advento da técnica do quadrado latino. Em ambos, o objetivo é o mesmo, ou seja, o desenvolvimento de híbridos com alta capacidade produtiva, melhor qualidade de frutos, produção regular e livre de doenças, além de plantas de porte reduzido (Pinto & Byrne, 1993), visando a adaptação às condições dos Cerrados e do Nordeste brasileiro. Nesse trabalho, cultivares brasileiras, indianas, sul-africanas e provenientes da Flórida são usadas nos grupos parentais. O trabalho de melhoramento da manga no Brasil, semelhante a de outros países, passa por cinco fases bastante distintas, as quais são as seguintes: Fase 1: introdução, avaliação e seleção de cultivares. Fase 2: hibridação intervarietal. Fase 3: seleção inicial e caracterização de progênies. Fase 4: testes regionais. Fase 5: testes de mercado. Todas essas fases estão totalmente ou parcialmente incluídas nos métodos de melhoramento de mangueira descritos na literatura e discutidos anteriormente.

A técnica utilizada anteriormente por Mukherjee et al. (1961), a qual recomendava somente sacos de plástico não perfurados e número de flores limitado a dez por panícula, foi aprimorada na Embrapa Cerrados (Pinto & Byrne, 1993; Pinto, 1996). A técnica aprimorada segue os seguintes passos:

- a) As panículas originadas em ramos secundários e terciários devem ser preferidas para serem polinizadas, uma vez que retêm mais frutos que as terminais.
- b) Panículas das plantas progenitoras femininas ou progenitoras masculinas, usadas nos cruzamentos, devem ser ensacadas na tarde anterior retirando-se todas as flores abertas.
- c) Devem ser usados sacos de polietileno, de 50 cm de comprimento, 40 cm de largura e 0,02 mm de espessura, perfurados com alfinete em 1/3 de seu comprimento.
- d) Flores estaminadas e perfeitas da planta progenitora masculina, ainda com anteras fechadas, são coletadas pela manhã e mantidas em placas de petri sob três condições (à sombra, à meia-sombra e ao sol) que facilitem a abertura sincronizada das anteras (Fig. 3).

Foto: Alberto Pinto

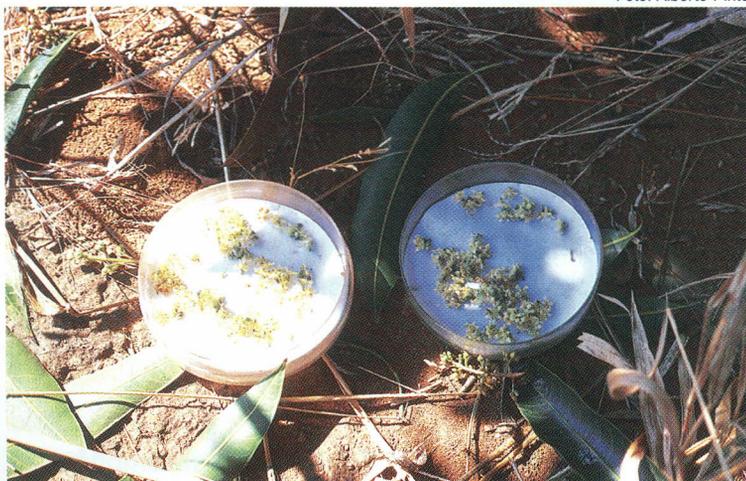


Fig. 3. As placas de petri com as flores da planta-pai são mantidas sobre papel-toalha seco e úmido e em diferentes condições de sol, à sombra e à meia-sombra, para escalonar a abertura das anteras e facilitar a polinização artificial.

- e) Flores perfeitas da planta progenitora feminina são emasculadas e polinizadas entre 11h e 13h; um homem pode emasculas e polinizar entre 100 e 150 flores/dia.
- f) Os sacos de polietileno são removidos cerca de três dias após a polinização.
- g) Pulverizações com fungicida e/ou água diariamente são bastante benéficas para evitar abscisão e ataque fúngico que promovem a queda de frutos.
- h) Os frutos vingados são ensacados (tipos de sacos para cebola) para evitar queda e perda dos mesmos quando maduros (Fig. 4). O ganho na obtenção de híbridos foi da ordem de 5%, ou seja, conseguiu-se aumentar o sucesso no número de frutos híbridos de 1,45% para 6,40% com o aprimoramento da técnica de hibridação entre 1981 e 1993 no total de 14.780 cruzamentos.

Foto: Alberto Pinto

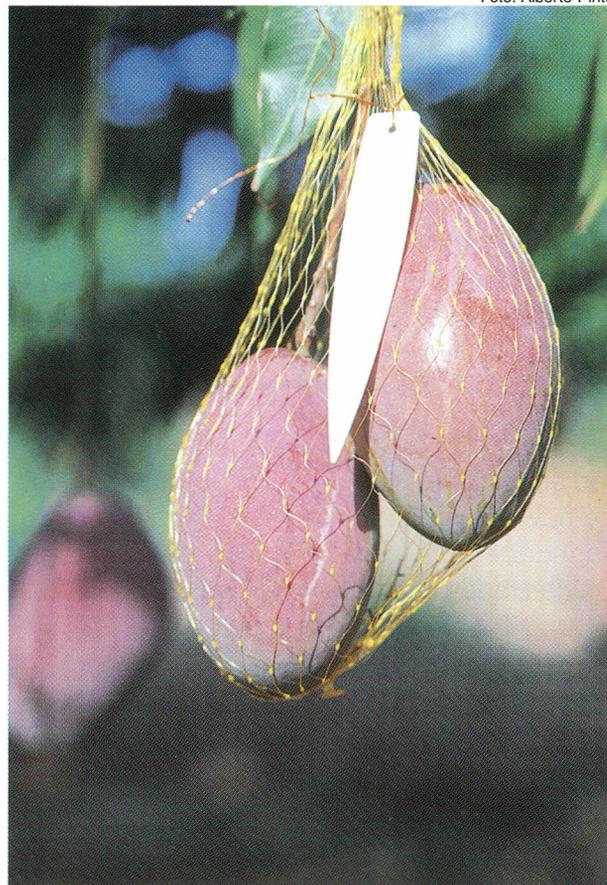


Fig. 4. Os frutos do cruzamento controlado (polinização manual) são etiquetados e ensacados para evitar perdas ou engano com a colheita dos frutos caídos, resultantes da polinização natural (aberta).

O trabalho de hibridação da Embrapa Cerrados visa, principalmente, a obtenção de uma cultivar anã, prolífica, resistente a doenças e com frutos de alta qualidade (coloração da casca atrativa, ótimo sabor, polpa firme e sem fibra). Atualmente, cerca de 1.480 híbridos de mangueira (F_1) e progênies obtidas de retrocruzamentos estão instalados na área experimental da Embrapa Cerrados. As primeiras quatro variedades, Roxa Embrapa 141 e Alfa Embrapa 142, Beta e Lita, foram lançadas entre 1998 e 2002. Outras seleções de híbridos, tais como o CPAC 142/86, CPAC 23/86, CPAC 98/86, CPAC 263/93, CPAC 294/94, CPAC 256/94, CPAC 329/94, apresentam excelentes características de frutos de tamanho médio, alto rendimento de frutos/planta. A seleção CPAC 07.294/94 apresentou porte anão e produção precoce aos 2 anos de idade, porém os frutos são de baixa qualidade quanto ao sabor. Existem seleções excelentes quanto à produtividade e qualidade do fruto como a CPAC 23/86, CPAC 23/93, a CPAC 256/94 e CPAC 329/94.

A utilização de plantas anãs sobre enxertadas com variedades mono e poliembriônicas e o confinamento de moscas polinizadoras dentro dos sacos de plástico envolvendo as panículas das duas variedades ou mantendo-as em telados protegidos faz parte do novo aprimoramento de técnicas dentro do programa de hibridação intervarietal de mangueiras no CPAC (Pinto, 1994a). As vantagens do uso da técnica de recuperação de copa e do confinamento em telados com moscas (Fig. 1) são os da obtenção de um maior número de híbridos por meio de cruzamentos múltiplos ou policruzamentos, obtendo-se uma maior população de material elite, além da possibilidade de também aumentar rapidamente a variabilidade genética na população de progenitores. Mesmo usando-se duas variedades-copa que tenham florescimento em época diferente, como a 'Winter' e 'Palmer', com a prática da irrigação e da indução floral, pode-se sincronizar o florescimento e utilizá-las em copa múltipla sem problema.

Programas de melhoramento da manga em outros estados, como o desenvolvido pela FCAV/Unesp em Jaboticabal, SP, têm selecionado híbridos oriundos de cruzamentos aberto, com características comerciais bastante aceitáveis como as variedades Coração-de-Boi, Alda, Natalina e Pavão (Donadio, 1996). Recentemente, o Instituto Agrônomo, em Campinas, SP, lançou duas variedades (IAC-103 Espada Vermelha e IAC-107 Dura) ambas muito resistentes aos dois tipos de seca-da-mangueira (aérea e do sistema radicular) causados pelo fungo *Ceratocystis fimbriata*. A 'Espada Vermelha' além de ser recomendada para uso como porta-enxerto é também recomendada como variedade copa (Rosseto et al., 1994). O programa desenvolvido pelo IAC está centrado em dois objetivos principais. O primeiro, objetiva obter cultivares poliembriônicas com características adequadas para porta-enxerto e com resistência à seca-da-mangueira (*Ceratocystis fimbriata*) e, o segundo, desenvolver cultivares copas mono ou poliembriônicas que apresentem, além das características desejadas pelo mercado, resistência à seca da mangueira, antracnose, oídio e mosca-das-frutas (Rosseto et al., 1996, 1997), o qual foi discutido anteriormente (no subtítulo Outros Métodos e Estratégias).

O processo de mutação, que pode ocorrer espontaneamente ou ser induzido por radiações químicas ou agentes mutagênicos, é uma outra técnica utilizada na obtenção de novas variedades de mangueira. Uma remota, porém ainda possível obtenção de uma variedade com características aceitáveis é através da mutação de gema. A variedade Davis-Haden é um exemplo desse tipo de "sport" ou mutação de gema citada pela literatura (Young & Ledin, 1954).

Biotechnology Aplicada ao Melhoramento

No melhoramento clássico, vários fatores têm limitado a eficiência do processo de seleção, podendo ser citados, entre esses, o baixo nível de conhecimento sobre a resposta

à seleção em nível genotípico e a base biológica dessa resposta (Lee, 1995); a ligação gênica e a auto-incompatibilidade, além da dificuldade e/ou impossibilidade de cruzamentos entre espécies não relacionadas (incompatibilidade sexual) (Brasileiro & Dusi, 1999; Altman, 1999). Outro problema, resultante das modernas práticas na agricultura, as quais têm enfatizado a máxima produtividade associada à alta qualidade e uniformidade do produto, tem sido a redução da diversidade genética do 'pool' gênico para a maioria das espécies cultivadas (Lee, 1995; Brasileiro & Dusi, 1999).

Grande parte do sucesso do melhoramento genético de plantas em geral tem sido obtido sem o uso, de fato, dos conhecimentos sobre a biologia da planta. Embora muitas informações estivessem disponíveis, não eram utilizadas porque eram irrelevantes ou muito difíceis de serem incorporadas aos programas de melhoramento. Por exemplo, fenômenos biológicos de supra importância para o melhoramento, como a heterose, a epistasia, a interação patógeno-hospedeiro e a resposta a estresses abióticos, não têm sido apropriadamente empregados pela maioria dos melhoristas (Lee, 1995).

Entretanto, o rápido e crescente desenvolvimento das técnicas em biotecnologia vem sendo um instrumento moderno e eficaz na manipulação da variação genética. A utilização dessas técnicas permite oferecer em curto e médio prazos benefícios socioeconômicos bem maiores que as metodologias tradicionalmente utilizadas (Ferreira & Grattapaglia, 1998; Ortiz, 1998; Altman, 1999). A biotecnologia é, normalmente, conceituada como sendo um conjunto de processos biológicos que tem como base principal a tecnologia do DNA recombinante e a cultura de tecidos, entre outras técnicas de manipulação (King & Stansfield, 1990; Borém, 1997).

Cronologicamente, é possível dividir a biotecnologia vegetal em três fases distintas. A primeira fase teve início com o surgimento da propagação de plantas por meio da cultura de tecidos (Peters et al., 1999; Moraes-Fernandes et al., 1999). A regeneração de plantas através de técnicas de cultura de tecidos é um requerimento primário para a utilização de tecnologias em genética molecular em qualquer espécie de planta (Poehlman & Sleper, 1995; Ferreira et al., 1998; Brasileiro & Dusi, 1999). Além dessa, existem várias outras aplicações da cultura de tecidos, destacando-se a clonagem *in vitro*, a conservação de germoplasma *in vitro*, a multiplicação de genótipos para análise em experimentos replicados, a obtenção de variantes somaclonais, a quebra de barreiras de incompatibilidade genética, a clonagem de genótipos superiores para teste de capacidade de combinação, a cultura de anteras para obtenção de diplóides, a multiplicação de genótipos superiores e a recuperação de plantas livres de vírus (Scowcroft, 1984; Poehlman & Sleper, 1995).

A segunda fase da biotecnologia surgiu na década de 80, com o advento das técnicas de marcadores moleculares (Ferreira & Grattapaglia, 1998) e a terceira teve início com o surgimento da engenharia genética (ou transgenia) e das plantas transgênicas (Carneiro & Paiva, 2000), as quais foram rapidamente adotadas por um grande número de agricultores em várias partes do mundo (Skerritt, 2000). A variabilidade genética existente na natureza é a matéria-prima que o melhorista de plantas utiliza e depende para desenvolver novas cultivares. Assim, a possibilidade de se engendrar ou transformar plantas permite ao melhorista ter acesso a um novo e variado 'pool' gênico que não estaria disponível por meio do melhoramento clássico (Aragão et al., 1998; Brasileiro & Dusi, 1999).

Embora reconheça-se a importância atual das técnicas de cultivo *in vitro* e, em particular, da engenharia genética como ferramentas que o melhorista não deve perder de vista, a abordagem, neste tópico, limitar-se-á apenas à aplicação dos marcadores moleculares por ser estes de maior interesse imediato dos melhoristas, em geral, e de manga, em particular.

Entende-se por marcadores moleculares as características de DNA que diferenciam dois ou mais indivíduos e que são herdadas geneticamente. Atualmente, diversos tipos de

marcadores moleculares estão disponíveis, os quais, diferenciam-se entre si pela tecnologia utilizada para revelar variabilidade em nível de DNA (Milach, 1998).

Em plantas, a identificação dos primeiros marcadores moleculares ocorreu na década de 70 e esses foram os marcadores de Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos de Restrição (RFLP). Esses marcadores apresentam as desvantagens de exigirem sondas radioativas e técnicas sofisticadas e laboriosas, sendo, portanto, de difícil utilização no dia a dia do melhoramento (Rafalski & Tingey, 1993). Foi somente após o desenvolvimento das técnicas de Reação de Polimerase em Cadeia (PCR), que os marcadores moleculares ganharam maior atenção por parte dos melhoristas de plantas. Diversas técnicas foram desenvolvidas, cada uma com suas vantagens e desvantagens, porém, todas eficientemente aplicáveis ao melhoramento (Rafalski & Tingey, 1993; Bretting & Widrechner, 1995; Ferreira & Grattapaglia, 1998). Os principais marcadores baseados na técnica de PCR são: Polimorfismo de DNA Amplificado ao Acaso (RAPD); Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos Amplificados (AFLP); e Microsatélites ou Sequências Simples Repetidas (SSR) (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Existem, ainda, os marcadores baseados em locos hipersensíveis de minissatélites ou Variable Number of Tandem Repeats (VNTR), os quais são uma variação dos marcadores de RFLP; e os marcadores isoenzimáticos, que são baseados em diferenças na mobilidade de enzimas (proteínas) e vem sendo utilizados desde a década de 60 (Bretting & Widrechner, 1995; Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Dos marcadores baseados em PCR, os Microsatélites ou SSR são considerados os mais informativos, porém de alto custo, enquanto que os de RAPD são os mais simples e de mais baixo custo (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Os marcadores de RAPD, em função da simplicidade e da rapidez com que podem ser obtidos, do baixo custo e do não requerimento de conhecimentos aprofundados em biologia molecular, têm sido bastante utilizados na caracterização e estudos filogenéticos, DNA *fingerprint* e construção de mapas genéticos em diversas espécies de plantas (Nybom, 1994). Por sua vez, Lavi et al. (1996) consideram os marcadores de AFLP um dos mais promissores, tanto para a identificação, acesso da variabilidade genética e estudo do relacionamento filogenético, quanto para melhorar a eficiência dos programas de melhoramento da manga por meio, principalmente, da seleção assistida por marcadores MAS.

Entre as principais aplicações dos marcadores de DNA no melhoramento de plantas em geral estão: a identificação de parentais e seleção de cruzamentos; a identificação e proteção de cultivares; a atribuição de linhagens a grupos heteróticos em espécies alógamas; a certificação de pureza genética; o monitoramento de cruzamentos; a caracterização e manejo de bancos de germoplasma, como aplicações de curto prazo; a construção de mapas genéticos; o mapeamento de locos de herança simples; o mapeamento de características de herança quantitativa; a seleção assistida por marcadores MAS; e a prospecção e clonagem de genes de interesse econômico, como aplicações de médio e longo prazos (Lee, 1995; Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Os marcadores moleculares também podem ser utilizados para caracterizar o genótipo de um indivíduo a partir de células de tecidos em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, o que possibilita acelerar o processo de seleção e recombinação dos indivíduos desejados e, conseqüentemente, reduzir o tempo necessário para se completar uma geração de melhoramento (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Esse aspecto adquire especial importância no melhoramento de espécies perenes (frutíferas e florestais), onde o longo ciclo vegetativo e a limitação de espaço dificultam e reduzem o interesse pelo melhoramento dessas espécies (Hansche & Beres, 1980; Hansche, 1983; Guimarães & Moreira, 1999).

Nas diversas regiões do mundo, a avaliação e a caracterização dos recursos genéticos da manga, bem como de outras frutíferas, para uso em programas de melhoramento tem sido feitas com base em características agrônomicas e morfológicas apenas (Chadha & Pal,

1986; Iyer & Dinesh, 1996). É sabido, portanto, que as características agrônômicas e morfológicas, assim como outros marcadores morfológicos são afetados, em maior ou menor grau, pelas condições ambientais e podem, como consequência, não representarem com fidelidade as similaridades e/ou as diferenças genéticas existentes entre indivíduos (Andersen & Fairbanks, 1990; Rafalski & Tingey, 1993). Assim, a grande vantagem dos marcadores moleculares é que eles não estão sujeitos aos efeitos do ambiente.

Em manga, onde a identificação de cultivares tem sido feita fundamentalmente com base em caracteres morfológicos (Iyer & Dinesh, 1996), a utilização de marcadores moleculares e isoenzimáticos tem sido enfatizada mais recentemente. Muitos estudos têm sido desenvolvidos objetivando, principalmente, a caracterização e a identificação de cultivares e o relacionamento filogenético entre as diversas espécies de *Mangifera* (Adato et al., 1995; Iyer & Dinesh, 1996; Eiadthong et al., 1999). Segundo Iyer & Dinesh (1996), com a implementação desses estudos, o número de cultivares com parentais desconhecidos tem sido reduzido. Degani et al. (1990) desenvolveram alguns sistemas de isoenzimas polimórficas para a manga e os empregou na caracterização sistemática e na análise de parentesco entre diversas cultivares. Mostraram que cultivares morfológicamente similares, como, por exemplo, 'Pico' e 'Carabao', podem ser facilmente distinguíveis através de análises isoenzimáticas. Por meio desses estudos, a origem de algumas cultivares foi confirmada, assim como, a origem de alguns híbridos rejeitada. Por exemplo, a origem da 'Haden' foi confirmada como sendo a 'Mulgoba'; da 'Zill' a 'Haden', e da 'Tahar' a 'Irwin'. Mostraram, também, que a 'Carabao' não pode ser o progenitor masculino da 'Edward', tida como híbrido entre 'Haden' e 'Carabao'; e a 'Keitt' não pode ser progênie da 'Mulgoba'.

Schnell et al. (1995) estudaram a aplicação de marcadores moleculares de RAPD na identificação de cultivares de manga e observaram que nenhum dos 11 *primers* estudados resultaram, isoladamente, em um padrão único de bandamento para quaisquer dos 25 acessos examinados. Contudo, algumas combinações de padrões de bandamento de dois *primers* resultaram em padrões únicos de *fingerprinting* para cada acesso. Adato et al. (1995), por sua vez, aplicaram a técnica do DNA *fingerprinting* na identificação, análise genética e estrutura familiar de 20 cultivares de manga, através de marcadores de mini e microsatélites. Concluíram que essa técnica pode ser bastante útil para a identificação de cultivares de manga, bem como para auxiliar no processo de melhoramento em si. Concluíram, ainda, que a utilização de diferentes grupos de marcadores moleculares na MAS para características importantes economicamente pode possibilitar a seleção precoce, ou seja, no estágio de *seedlings*. É justamente na MAS que se tem uma das grandes utilidades dos marcadores moleculares em fruteiras perenes como a manga (Ferreira & Grattapaglia, 1998; Guimarães & Moreira, 1999). Por exemplo, se em um determinado cruzamento um gene que controla a expressão de um caráter de importância econômica, de herança monogênica, está intimamente ligado a um ou mais marcadores moleculares, a progênie resultante desse cruzamento pode ser selecionada no estágio de *seedlings* e antes da expressão fenotípica do caráter de interesse, somente com base no marcador ou marcadores. A MAS permite, ainda, a redução do número de retrocruzamentos necessários para a introgressão de genes em cultivares comerciais.

A caracterização molecular do germoplasma de manga disponível é, também, essencial para o seu uso mais adequado em etapas subseqüentes do melhoramento. Essa caracterização molecular permite ao melhorista identificar acessos duplicados, simplificando os trabalhos subseqüentes. Possibilita, ainda, identificar a existência de variabilidade genética nesse germoplasma, selecionar progenitores e planejar melhor os cruzamentos.

No Brasil, estudos envolvendo biotecnologia em manga são praticamente inexistentes. O trabalho envolvendo a análise genética de genótipos de mangueira através de marcadores RAPD, desenvolvido por Souza et al. (2002), é pioneiro nessa área. Isso mostra uma situação de quase negligência, pode-se assim dizer, por parte dos melhoristas de manga em relação

ao emprego da biotecnologia no melhoramento genético da espécie. É sempre importante ressaltar que os recentes avanços nessa área têm possibilitado ganhos consideráveis para as diversas culturas que deles têm se beneficiado mundo afora. Portanto, é importante que o melhoramento da mangueira no Brasil passe, também, a se beneficiar desses avanços. Para tanto, é necessário que a pesquisa pública incentive pesquisas com a cultura nessa área e, principalmente, que os melhoristas dessa importante frutífera tenham consciência dos ganhos potenciais advindos do seu uso e, com isso, quebrem sua resistência em relação a essa ferramenta fundamental na arte de fazer melhoramento.

Conclusões

O Brasil encontra-se entre os dez maiores produtores mundiais de manga e um dos maiores exportadores dessa fruta, mas a exportação ainda é baixa quando comparada com o total produzido. A integração do Brasil aos mercados internacionais e a crescente busca do consumidor por produtos de melhor qualidade pressionará os produtores por produtos diferenciados para que possam garantir sua participação no acirrado mercado internacional. Porém, a base da mangicultura brasileira está concentrada apenas em uma cultivar, proporcionando sérios riscos à sua sustentabilidade. Assim, o melhoramento genético torna-se ferramenta de fundamental importância, proporcionando a geração de cultivares com os atributos necessários e assegurando a competitividade da mangicultura nacional. A associação dos métodos clássicos de melhoramento genético com as modernas técnicas da biologia molecular poderá acelerar o desenvolvimento de cultivares, contribuindo de maneira eficaz para a sustentabilidade do agronegócio da manga nacional.

Referências

- ADATO, A.; SHARON, D.; VAVI, U. Application Fd DNA fingerprints for identification and genetic analyses of mango (*Mangifera Indica*) genotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 2, p. 259-264, 1995.
- AGRIANUAL. São Paulo: FNP, 2000. p. 390-397.
- ALTMAN, A. Plant biotechnology in the 21st century: the challenges ahead. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 2, n. 2, 1999. Disponível em: <Http://Www.Ejb.Ucv.Cl/Content/ Vol2/ Issue2/Full/1/Index.Html>
- ANJOS, J. R. N.; CHARCHAR, M. J. A.; PINTO, A. C. de Q.; RAMOS, V. H. V. Associação de *Fusarium sacchari* com a malformação vegetativa da mangueira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 75-77, 1998.
- ANDERSEN, W. R.; FAIRBANKS, D. J. Molecular markers: important tools for plant genetic resource characterization. **Diversity**, v. 6, n. 3/4, p. 51-53, 1990.
- ARAGÃO, F. J. L.; VIANNA, G. R.; RECH, E. L. **Feijão transgênico**: um produto da engenharia genética. Disponível em: <Http://Www.Biotecnologia.Com.Br/Bio/5_I.Htm>. Acesso em: 1998.
- BAKER, R. J. **Selection index in plant breeding**. Boca Raton: CRC Press, 1986.
- BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; ALMEIDA, J. I. L.; ARAÚJO, F. E. O Policruzamento como método de melhoramento para o Cajueiro Anão-Precoce (*A. Occidentale* L.). In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 9., 1993, Teresina. **Anais...** Teresina: SBG, 1993. p. 100.
- BETTENCOURT, E.; HAZEKAMP, T.; PERRY, M. C. **Directory of germplasm collections**: 6. I. Tropical and subtropical fruits and tree nuts. Rome: IBPGR, 1992. 237 p.

- BOMPARD, J. M. The genus *Mangifera* rediscovered: the potencial contribution of wild species to mango cultivation. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 69-71, 1993.
- BOMPARD, J. M.; SCHNELL, R. J. Taxonomy and systematics. In: LITZ, R. E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. Wallington: CAB International, 1997. p. 21-47.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547 p.
- BORÉM, A.; CAVASSIM, J. E. Blocos de cruzamento. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial em plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 15-61.
- BRASILEIRO, A. C. M.; DUSI, D. M. A. Transformação genética de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPQ, 1999. v. 2, p. 679-735.
- BRAVO, J. A.; FEHR, W. R.; CIANZIO, S. R. Use of small-seeded soybean parents for the improvement of large-seeded cultivars. **Crop Science**, v. 21, p. 430-432, 1981.
- BRETTING, P. K.; WIRDRLECHNER, M. P. Genetic markers and horticultural germplasm management. **Hortscience**, v. 30, n. 7, p.1349-1356, 1995.
- BRUCKNER, C. H. Melhoramento de fruteiras. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 679-714.
- CAMPBELL, C. W. Comparison of yield of polyembryonic and monoembryonic mangos. **Proceedings of the Florida State Horticultural Science**, v. 74, p. 363-365, 1961.
- CAMPBELL, R. J.; CAMPBELL, C. W. Commercial Florida mango cultivars. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 55-59, 1993.
- CARNEIRO, N. P. E.; PAIVA, E. Desenvolvimento e contribuições da biotecnologia no melhoramento genético do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: ABMS; CNPMS, 2000. CD-Rom.
- CARVALHO, R. da S.; NASCIMENTO, A. S.; MORGANTE, J.S.; FONSECA, N. Susceptibility of different mango varieties (*Mangifera indica*) to attack of fruit fly, *Anastrepha obliqua*. In: STECK, G. J.; McPheron, B. A. (Ed.). **Fruit fly pest: a world assessment of their biology and management**. Florida, USA: St. Lucie Press, 1996.586 p.
- CHADHA, K. L.; PAL, R. N. *Mangifera Indica*. In: HALEVY, A. H. (Ed.). **CRC handbook of flowering**. Boca Raton: CRC Press, 1986. v. 5, p. 211-230.
- CILLIERS, B.; HUMAN, C. F.; SNYMAN, J. C.; CARSTENS, K. Strategies, progress and results from The South African mango breeding programme. **Acta Horticulturae**, v. 455, p. 241-244, 1996.
- CUNHA, M. M. da; COUTINHO, C. de C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FERREIRA, F. R. **Manga para exportação: aspectos fitossanitários**. Brasília: Embrapa-SPI, 1993. 104 p. (Série PublicaçõesTécnicas FRUPEX, 3).
- DAVENPORT, T. L.; NÚÑEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: LITZ, R. E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**.New York: CAB International, 1997. p. 69-146.
- DEGANI, C.; EL-BATSRI, R.; GAZIT, S. Enzyme polymorphism in mango. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, v. 115, p. 844-847, 1990.
- DONADIO, L. C. Variedades de mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. (Ed.). **Manga tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, 1996. p. 32-56.
- EIADTHONG, W.; YONEMORI, K.; SUGIURA, A.; UTSUNOMIYA, N.; SUBHADRABANDHU, S. Genetic resources of *Mangifera* species in Thailand. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, v. 43, n. 2, 1999.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. 3. ed. New York: Longman Scientific and Technical, 1989. 438 p.

FAO. Disponível site FAO (2001a). URL: <http://apps.fao.org/lim/500/nph-wrap.pl>. Production. Crops. Primary & Domain = SUA. Consultado em 25 de julho de 2002.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar improvement: theory and technique**. Ames: Macmillan Publishing Company, 1987. v. 1, 535 p.

FERREIRA, M. E.; CALDAS, L. S.; PEREIRA, E. A. Aplicações da cultura de tecidos no melhoramento genético de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPq, 1998. v.1, p. 21-43.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3. ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1998. 220 p.

FERREIRA, F. R.; PINTO, A. C. Q. Tropical and subtropical fruits genetic resources in Brasil. In: MESFIN MEETING IN FRUIT PRODUCTION, 2., 1997, Madeira, Portugal. **Proceedings...** Portugal: FAO; Gobierno de Canarias, 1998. p. 39-62.

GALÁN SAÚCO, V. **El cultivo del mango**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1999. 298 p.

GAN, Y. Y.; ZAINI, S.; IDRIS, A. Genetic variation in the grafted vegetatively propagated mango (*Mangifera indica* L.). **Pertanika**, v. 4, p. 53-62, 1981.

GUIMARÃES, C. T.; MOREIRA, M. A. Genética molecular aplicada ao melhoramento de plantas. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 715-740.

GUNJANTE, R. T.; BURONDKAR, M. M Parthenocarpic mango developed through hybridisation. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 107-111, 1993.

HANSCHÉ, P. E. Response to selection In: MORRE, J. N.; JANICK, J. (Ed.). **Methods in fruit breeding**. West Lafayette: Purdue University Press, 1983. p. 154-171.

HANSCHÉ, P. E.; BERES, V. Genetic remodeling of fruit and nut trees to facilitate cultivar improvement. **Hortscience**, v. 15, p. 710-715, 1980.

IBPGR. **Descriptors for mango**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1989. 22 p.

IYER, C. P. A.; DEGANI, C. Classical breeding and genetics. In: LITZ, R. E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. New York: CAB International, 1997. p. 49-68.

IYER, C. P. A.; DINESH, M. R. Advances in classical breeding and genetics in mango. **Acta Horticulturae**, v. 455, p. 252-267, 1996.

JISON, L. F.; HEDSTROM, I. Pollination ecology of mango (*Mangifera Indica* L.) (Anacardiaceae) in the Neotropic Region. **Turrialba**, v. 35, p. 269-277, 1985.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M. da; RAMOS, V. H. V. Doenças da mangueira. In: MANICA, I.; MALAVOLTA, E.; ICUMA, I. M.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. de; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, V. H. V. **Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 617 p.

KING, R. C.; STANSFIELD, W. D. **A dictionary of genetics**. 4. ed. New York: Oxford University Press, 1990. 406 p.

KNIGHT JÚNIOR, R. J. Polyembryonic mangos: their unrealized potential. **Proceedings of the Tropical Region of the American Society for Horticultural Science**, v. 14, p. 145-155, 1970.

LAKSHMINARAYANA, S.; AGUILAR, P. H. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in 'Haden' mango. **Proceedings of the Horticultural Society**, v. 88, p. 502-505, 1975.

- LAVI, U.; KAUFMAN, D.; SHARON, D.; ADATO, A.; TOMER, E.; GAZIT, S.; HILLEL, J. Mango breeding and genetics - Review. **Acta Horticulturae**, v. 455, p. 268-276, 1996.
- LEE, M. DNA markers and plant breeding programs. **Advances in Agronomy**, v. 55, p. 265-344, 1995.
- MATHEW, P. A.; DHANDAR, D. G. CARDOZO MANKURAD - A breakthrough in mango (*Mangifera indica* L.) selection. **Acta Horticulturae**, v. 455, p. 236-240, 1996.
- MILACH, S. C. K. Principais tipos de marcadores moleculares e suas características. In: MILACH, S. C. K. (Ed.). **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. p. 17-28.
- MORAES-FERNANDES, M. I. B. de; STIVAL, A. L.; BRAMMER, S. P.; GRANDO, M. F. Haplodiploidização: genética e melhoramento. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPq, 1999. v.2, p. 613-650.
- MUKHERJEE, S. K. The mango - its botany, cultivation, uses and future improvement especially as observed in India. **Economic Botany**, v. 7, n. 2, p. 130-162, 1953.
- MUKHERJEE, S. K.; MAJUMDER, P. K.; CHATTERJEE, S. S. An improved technique of mango hybridization. **Indian Journal Horticultural**, v. 18, p. 302-304, 1961.
- MUKHERJEE, S. K. Cytology and breeding of mango. **Punjab Horticultural Journal**, v. 3, p. 107-115, 1963.
- MUKHERJEE, S. K.; MAJUMDER, P. K.; SHARMA, D. K. Present position regarding breeding of mango (*Mangifera indica* L.) in India. **Euphytica**, v. 17, p. 462-467, 1968.
- MUKHERJEE, S. K. **Systematic and ecogeographic studies of crop gene pools: 1. Mangifera**. Rome: IBPGR Secretariat, 1985. 86 p.
- MUKHERJEE, S. K. Introduction, botany and importance. In: LITZ, R. E. (Ed.). **The mango, botany, production and uses**. Wallington: CAB International, 1997. p. 1-19.
- NAIK, K. C. Improvement of the mango (*Mangifera indica* L.) by selection and hybridisation. **Indian Journal of Agricultural Science**, Vv 18, p. 35-41, 1948.
- NAIK, K. C.; RAO, M. M. Studies on blossom biology and pollination in mangoes (*Mangifera indica* L.) **Indian Journal Horticultural**, v. 1, p. 107-109, 1943.
- NYBOM, H. DNA fingerprinting - a useful tool in fruit breeding. **Euphytica**, v. 77, p. 59-64, 1994.
- ORTIZ, R. Critical role of plant biotechnology for the genetic improvement of food crops perspective for the next millenium. **Electronic Journal of Biotechnology**. Disponível em: <[Http://Www.Ejb.Ucv.Cl/Content/Vol1/Issue3/Full/7/Index/Html](http://www.ejb.ucv.cl/content/vol1/issue3/full/7/index/html)> Acesso em: 1998.
- PETERS, J. A.; BOBROWSKI, V. L.; ROSINHA, G. M. S. Produção de haplóides e duplohaplóides. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPq, 1999. v. 2, p.569-611.
- PINTO, A. C. Q.; GENÚ, P. J. C.; RAMOS, V. H. V. Avaliação do crescimento e expressão do sexo de cultivares de manga introduzidas na região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, P. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1987. v. 2, p. 567-570.
- PINTO, A. C. Q.; BYRNE, D. H. Mango hybridization studies in tropical savannah ("Cerrados") of Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 98-106, 1993.

- PINTO, A. C. Q. Utilização do caráter nanismo na eficiência do melhoramento e da produção da manga. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 13., 1994, Salvador, Ba. **Resumo...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994a. v. 2, p. 567-570. PINTO, A. C. Q. Hibridação em manga. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial em plantas**. Viçosa: UFV, 1994b. p. 357-378.
- PINTO, A. C. Q. Melhoramento da mangueira (*Mangifera indica* L.) no ecossistema dos Cerrados do Brasil Central por meio da hibridação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 369-374, 1996.
- PINTO, A. C. Q.; FERREIRA, F. R. Recursos genéticos e melhoramento da mangueira no Brasil. In: Queiróz, M. A. DE; Goedert, C. O.; Ramos, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br>>.
- PINTO, A. C. Q.; ANDRADE, S. M. R.; VENTUROLI, S. Estudo sobre habilidade geral de combinação em mangueira (*Mangifera indica* L.). In: Simpósio Internacional de Manga, 7., 2002, Recife, Pe. **Resumo...** Recife, 2002. No prelo.
- PINTO, A. C. Q.; SHARMA, D. K. Programa de hibridação de mangueiras na Região de Cerrados Brasileiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 15, n. 1, p. 141-146, 1993.
- PIZA JÚNIOR, C. T. A situação da cultura da mangueira em São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANGICULTURA, 2., 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP-FCAVJ, 1989. p. 31-46.
- POEHLMAN, J. M.; SLEPER, D. A. **Breeding field crops**. 4th ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 494 p.
- POPENOE, W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. New York: The MacMillan Co., 1939. 474 p.
- PRASAD, A.; SINGH, H.; SHUKLA, T. N. Present status of mango malformation disease. **Indian Journal Horticultural**, v. 22, p. 254-265, 1965. RAFALSKI, J. A.; TINGEY, S. V. Genetic diagnostics in plant breeding: rapas, microsateletes and machines. **Trends-In-Genetics**, v. 9, n. 8, p. 275-280, 1993.
- RAM, S.; BIST, L. D.; LAKHANPAL, S. C.; JAMWAL, I. S. Search of suitable pollinizers for mango cultivars. **Acta Horticulturae**, v. 57, p. 253-263, 1976.
- RAM, S. Hormonal control of fruit growth and fruit drop in mango cv. Dashehari. **Acta Horticulturae**, v. 134, p. 169-178, 1983.
- RAMASWAMY, N. Survey and isolation of 'Plus Trees' of mango. **Acta Horticulturae**, v. 231, p. 93-96, 1988.
- RIBEIRO, I. J. A.; ROSSETTO, C. J.; MARTINS, A. L. M. Seca-da-mangueira. IX Ocorrência de isolado de *Ceratocystis fimbriata* patogênico à cultivar Jasmin de mangueira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 304, 1986a.
- RIBEIRO, I. J. A.; ROSSETTO, C. J.; SABINO, J. C.; GALLO, P. B. Seca-da-mangueira. VIII Resistência de porta-enxertos de mangueira ao fungo *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 117-121, 1986b.
- RIBEIRO, I. J. A. **Seleção de porta-enxertos de mangueira (*Mangifera indica* L.) resistentes ao fungo *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst.** 1993. 115 p. Tese (Doutorado)-UNESP, Jaboticabal.
- RIBEIRO, I. J. A.; ROSSETTO, C. J.; DONADIO, A. C.; SABINO, J. C.; MARTINS, A. L. M.; GALLO, P. B. Mango wilt. XIV Selection of mango (*Mangifera indica* L.) rootstocks resistant to the mango wilt fungus *Ceratocystis fimbriata* Ell & Halst. **Acta Horticulturae**, v. 370, p. 159-166, 1995.

- ROSSETO, C. J.; RIBEIRO, I. J. A.; GALLO, P. B.; SOARES, N. B.; SABINO, J. C.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N.; PAULO, E. M. Mango breeding for resistance to diseases and pests. **Acta Horticulturae**, v. 455, p. 299-304, 1996.
- ROSSETO, C. J.; RIBEIRO, I. J. A.; GALLO, P. B.; BORTOLETTO, N.; SOARES, N. B.; MARTINS, A. L. M.; SABINO, J. C.; SILVEIRA, L. C. P. Cultivares de mangueira resistentes a pragas e moléstias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTÍFERAS, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1997. p. 108-110.
- ROSSETTO, C. J.; RIBEIRO, I. J. A.; GALLO, P. B.; MARTINS, A. L. M.; SILVEIRA, L. C. P.; IGUE, T.; SOARES, N. B. Seca-da-mangueira. XVIII Comportamento de variedades de porta-enxerto resistente em dois locais com copa Haden. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 15., 1998. **Resumos...** Poços de Caldas, SBF, 1998. p. 525.
- ROSSETTO, C. J.; FURLANI, P. R.; BORTOLETTO, N.; QUAGGIO, J. A.; IGUE, T. Differential response of mango varieties to Boron. **Acta Horticulturae**, v. 509, n. 1, p. 259-264, 1999.
- SALVI, M. J.; GUNJATE, R. T. Mango breeding work in the Konkan region of Maharashtra State. **Acta Horticulturae**, v. 231, p. 100-102, 1988.
- SCHNELL, R. J.; KNIGHT, R. J. Genetic relationship among *Mangifera* Spp. based on RAPD markers. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 86-92, 1994.
- SCHNELL, R. J.; RONNING, C. M.; KNIGHT, R. J. Identification of cultivars and validation of genetic relationships in *Mangifera indica* L. using RAPD markers. **Theoretical And Applied Genetics**, v. 90, p. 269-274, 1995.
- SCROWCROFT, W. R. **Genetic variability in tissue culture: impact on germplasm conservation and utilization**. Rome: IBPGR Secretariat, 1984. 41 p.
- SHARMA, D. K.; SINGH, R. N. Studies on some pollination problems in mango (*Mangifera indica* L.). **Indian Journal Horticultural**, v. 27, n. 1/2, p. 15, 1970.
- SHARMA, D. K.; MAJUMDER, P. K.; SINGH, R. N. Inheritance pattern in mango. IN: SYMP. ON RECENT ADVANCES IN HORT., 1972, Kanpur, India. **proceedings...** Kanpur, India: U.P. Inst. of Agric. Sci., 1972.
- SINGH, R. N. Sex ratio and fruit set in mango. **Science**, v. 119, p. 389, 1954.
- SINGH, R. N. Sex, pollination and post-fertilization problems in mango. **World Crops**, v. 16, p. 24-26, 1964.
- SINGH, R. N.; MAJUMDER, P. K.; SHARMA, D. K. Self-incompatibility in mango variety Dashehari. **Current Science**, v. 31, p. 209, 1962.
- SINGH, R. N.; MAJUMDER, P. K.; SHARMA, D. K. Sex-expression in mango (*Mangifera indica* L.) with reference to prevailing temperature. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v. 89, p. 228-229, 1966.
- SINGH, R. N. Germplasm resources of mango: their utilization by plant breeders. In: SINGH, R. N.; Chomchalow, N. **Genetic resources and the plant breeder**. Bangkok: IBPGR, 1982. p. 95-102.
- SINGH, R. N.; GORAKH, S.; RAO, O. P.; MISHRA, J. S. Improvement of banarasi langra through clonal selection. **Progressive Horticulture**, v. 17, n. 4, p. 273-277, 1985.
- SINGH, R. N.; SHARMA, D. K.; MAJUMDER, P. K. An Efficient technique of mango hybridization. **Scientia Horticulturae**, v. 15, p. 299-301, 1980.
- SKERRITT, J. H. Genetically modified plants: developing countries and the public acceptance debate. **Agbiotechnet**, v. 2, 2000. Disponível em: <Http://Www.Agbiotechnet/Reviews/Feb00/Html/Skerrit.Htm>

- SOARES, N. B. Comportamento de dezenove variedades de mangueira (*Mangifera Indica* L.) na Região de Bebedouro, SP. 1994. 142 p. Tese (Doutorado) - FCAV, UNESP.
- SOARES FILHO, W. dos S.; PASSOS, O. S. melhoramento do limão Tahiti (*Citrus latifolia*, Tanaka): obtenção de clones nucelares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 1, n. 1, p. 43-50, 1978.
- SOUZA, V. A. B. de. **Genetic studies on quantitative traits in peach**. 1996. 160 p. Tese (Doutorado) - College Station, TX, Texas A&M University.
- SOUZA, V. A. B. de; BYRNE, D. H.; TAYLOR, J. F. Heritability, Genetic and Phenotypic Correlations, and predicted response to selection of several quantitative plant traits in peach. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 4, p. 598-603, 1998.
- SOUZA, V. A. B. de; LIMA, P. S. da C.; FERREIRA, M. E. Genetic analyses of mango genotypes by RAPD markers. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MANGA, 7., 2002, Recife, PE. **Resumo...** Recife, PE, 2002. No prelo.
- STUBER, C. W. Mating designs, field nursery layouts, and breeding records. In: FEHR, W. R.; HADLEY, H. H. (Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 83-104.
- STURROCK, T. T. Genetics of mango polyembryony. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 80, p. 350-354, 1968.
- TOMER, E.; GAZIT, S.; LAVI, U.; SHOKER, S.; RIPA, M.; ZIPORI, I.; SA'ADA, D. Mango breeding in Israel - principals and difficulties. **Acta Horticulturae**, v. 455, p. 245-251, 1996.
- VAVILOV, N. I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. **Chron. Bot.**, v. 13, n. 1/6, p. 1-366, 1950.
- WHILEY, A. W.; MAYERIS, P. E.; SARANAH, J. B.; BARTLEY, J. P. Breeding mangoes for Australian conditions. **Acta Horticulturae**, v. 341, p. 136-145, 1993.
- YOUNG, T. W.; LEDIN, R. B. Mango breeding. **Proceedings of the Florida State Horticultural Science**, v. 67, p. 241-244, 1954.