

Capítulo 3

Melhoramento genético do algodoeiro

Francisco das Chagas Vidal Neto
Eleusio Curvelo Freire

INTRODUÇÃO

O algodoeiro é uma das espécies cultivadas mais antigas e importantes para a humanidade, sendo responsável pelo sustento de milhões de pessoas em todo o mundo. É uma planta de origem tropical, bastante versátil e de grande adaptação, sendo encontrada nos mais diversos locais, na forma selvagem, e cultivada sob as mais diversas condições de solo e clima. Sua exploração econômica ocorre entre as latitudes 47°N e 32°S e altitudes de até 1.000 m, fato esse que confere ao algodoeiro a posição de uma das culturas de maior dispersão no mundo e faz com que o seu plantio e colheita ocorram durante o ano todo. Por sua resistência à seca, essa espécie é especialmente importante para as regiões semiáridas do planeta. Tudo isso faz com que o cultivo do algodoeiro seja uma atividade de grande relevância econômica e social que está presente em mais de 100 países, ocupando aproximadamente 2,5% das terras agricultáveis do mundo (BRUBAKER et al., 1999; UNCTAD, 2009; VALDERRAMA, 2009).

A produção de algodão está concentrada em poucos países, de modo que os seis principais produtores são responsáveis por 75% do total. O mercado mundial de algodão movimenta, anualmente, aproximadamente 20 bilhões de dólares, com uma produção em 2009 estimada em 108,3 milhões de fardos, abrangendo uma área de 30,9 milhões de hectares. O Brasil ocupa o quinto lugar em volume de produção, com uma área plantada de 848 mil

hectares e a maior produtividade mundial de sequeiro, tendo como maiores produtores os estados do Mato Grosso, Bahia e Goiás (NATIONAL COMPANY OF FOOD SUPPLY, 2009; MEYER et al., 2009).

Atualmente, 59% da produção brasileira é oriunda da região Centro-Oeste, e 38%, da região Nordeste, sendo que aproximadamente 98% da produção nacional ocorre na ecorregião do Cerrado. A maior produtividade está no Estado do Mato Grosso do Sul, onde se produzem 1.570 kg ha⁻¹ de fibra e 4.050 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

O principal produto do algodoeiro é a fibra, que, com 94% de celulose em sua composição, representa 35% a 45% da produção total e corresponde à fibra natural mais consumida no mundo, abastecendo 50% do mercado mundial de fibras têxteis (SANTOS et al., 2008). Além disso, podemos dizer que o algodoeiro é uma planta de aproveitamento integral (fibra, semente, planta), sendo usada como matéria-prima na indústria têxtil, alimentícia, de ração animal, de cosméticos, farmacêutica, de celulose, entre outras, o que resulta em uma cadeia produtiva das mais longas e complexas. Atualmente, o óleo representa uma importante alternativa para a produção de energia baseada no biodiesel.

A fibra é comercializada de acordo com suas características físicas intrínsecas e extrínsecas, classificadas atualmente pelo High Volume Instrument (HVI), em conformidade com a legislação vigente, o que permite reduzir a subjetividade da classificação manual/visual e oferece outras determinações adicionais importantes para a classificação. Mesmo assim, a classificação manual/visual ainda continua sendo realizada. Essas características são fundamentais para os processos têxteis e determinantes na comercialização.

A produção brasileira de algodão já foi muito grande no Nordeste e Sudeste; porém, na década de 1990, foi deslocada para o Centro-Oeste. Essa mudança foi motivada por um novo modelo agrícola, com base empresarial, praticado em grandes propriedades, altamente tecnificado e mecanizado, com altas produtividades e alavancado, principalmente, por clima, solo e topografia favoráveis, possibilitando a mecanização completa da cultura. A partir daí, a cotonicultura nacional sofreu grandes mudanças tecnológicas, movidas pela competitividade imposta pela globalização dos mercados, alterando completamente a distribuição espacial da produção.

De acordo com o cenário atual da cotonicultura nacional, as demandas de pesquisa podem ser mais apropriadamente estabelecidas, com base em três vertentes:

- a) Cotonicultura do Cerrado: busca-se, em linhas gerais, melhorar a qualidade, reduzir os custos de produção e os riscos fitossanitários, por meio de cultivares com resistência múltipla a doenças, transgênicas, com alta qualidade de fibras e de rendimento no descaroçamento, melhoria do controle fitossanitário e das qualidades intrínsecas e extrínsecas da fibra.
- b) Cotonicultura do Sul e Sudeste: aumento da rentabilidade por meio da melhoria na produtividade, precocidade, controle fitossanitário e rendimento e qualidade da fibra.
- c) Cotonicultura do Nordeste semiárido: aumento de produtividade, precocidade e rendimento da fibra, tolerância à seca, adaptação ao semiárido (solos e irregularidades climáticas), agregação de valor, por meio da produção orgânica, de fibras com características especiais (colorida e/ou longa) ou sementes sem gossipol.

A melhoria da qualidade da fibra é uma demanda comum a todos os sistemas, como decorrência da modernização e dos avanços tecnológicos constantes para o aumento de produtividade dos processos têxteis. Isso exige uma constante atualização dos objetivos dos projetos de melhoramento genético para lançamento de cultivares.

ORIGEM E CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

O algodoeiro cultivado é uma planta pertencente ao gênero *Gossypium*, da tribo *Gossypieae*, e da família das malváceas. Segundo Fryxell (1992) e Endrizzi et al. (1985), esse gênero possui 50 espécies, distribuídas nas regiões áridas e semiáridas da África, Austrália, Américas, Índia, Arábia, Galápagos e Havaí, sendo 45 diploides ($2n = 2x = 26$), diferenciadas citogeneticamente nos grupos genômicos A, B, C, D, E, F, G e K, e cinco alotetraploides ($2n = 4x = 52$). Embora essa referência seja a mais citada na literatura, há divergências quanto ao número de espécies, em função de discordâncias quanto ao enquadramento taxonômico de algumas delas, resultando em referências a 43 (SMITH, 1995), 49 (PERCIVAL et al., 1999; BRUBAKER et al., 1999), 50 (FRYXELL, 1992), 51 (WALLACE et al., 2009) e 52 espécies (CARVALHO, 2008).

As origens espacial e temporal do gênero *Gossypium* não estão bem esclarecidas; entretanto, sabe-se que as referências remontam a milhões de anos, e que os centros primários de diversidade compreendem o sul do

México (genoma D), a Austrália (genomas C, G e K) e o nordeste da África e Ásia (A, B, E e F) (AUSTRALIA, 2008; CRONN et al., 2002). Com base no maior número de grupos genômicos diploides associados, Saunders (1961) propõe que a África Central seja o centro de origem desse gênero.

As espécies diploides diferenciaram-se de 5 a 10 milhões de anos atrás, enquanto a poliploidização, acredita-se, tenha ocorrido entre 1 e 2 milhões de anos atrás. As espécies alotetraploides originaram-se a partir da hibridação interespecífica entre ancestrais africanos de espécies pertencentes ao genoma A e americanos do genoma D (BRUBAKER et al., 1999; WENDEL; CRONN, 2003).

De todas as espécies, apenas quatro são cultivadas para a produção do algodão, ou seja, duas alotetraploides oriundas do Novo Mundo: *Gossypium hirsutum* L. (90% da produção mundial), *G. barbadense* L. (8% da produção mundial), e duas diploides oriundas do Velho Mundo: *G. arboreum* L. e *G. herbaceum* L. (2% da produção mundial) (PENNA, 2005; ZHANG, 2008). A palavra “algodão” refere-se a essas espécies e é oriunda da palavra *quotn*, que em árabe está relacionada à produção de fibras nas sementes (LEE, 1984).

A espécie *G. Hirsutum* L., que deu origem à maioria das variedades de algodão cultivadas no mundo, é representada no Brasil pelas raças: *G. hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch (algodoeiro herbáceo), e *G. hirsutum* var. *marie-galante* (Watt) Hutch (algodoeiro-mocó). A espécie *G. barbadense* possui centro de origem no norte do Peru e no sul do Equador e ocorre no Brasil na forma semidomesticada representada pelas variedades botânicas *G. barbadense* var. *brasiliense* (rim-de-boi) e *G. barbadense* var. *barbadense* (quebradinho). Por ser centro de distribuição dessas duas espécies e centro de origem da espécie *Gossypium mustelinum*, o Brasil possui grande variabilidade dos algodoeiros tetraploides (FREIRE, 2000).

Atualmente, no Brasil, os tipos arbóreos (rim-de-boi, quebradinho e algodoeiro-mocó) estão quase extintos, ocorrendo apenas em pequenas lavouras de fundo de quintal, plantas em margens de estradas ou em “capoeiras antigas”, enquanto o *G. mustelinum* é encontrado apenas em sítios de difícil acesso e muito pontuais, nos estados do Rio Grande do Norte e Bahia.

GERMOPLASMA

O conhecimento da diversidade genética do gênero *Gossypium* e sua distribuição geográfica no Brasil são de grande importância para o

melhoramento genético, assim como para a preservação do repositório gênico nela representado, servindo também para orientar as políticas de conservação e utilização desses recursos e a comercialização de cultivares transgênicas. O desenvolvimento de cultivares de pluma colorida é um exemplo bem evidente do uso da variabilidade genética de populações naturais para a geração de produtos de maior valor agregado.

O germoplasma de uma espécie corresponde a todo o acervo de genes contido no conjunto de genótipos que a constituem e representa a fonte de variabilidade genética potencialmente disponível para o melhoramento. No gênero *Gossypium*, ao qual pertence o algodoeiro, essa variabilidade é enorme, tendo em vista o grande número de espécies e variedades botânicas presentes, resultando em uma imensa variação de porte, ciclo, cores, formas, tamanho, características, densidade e presença de estruturas especiais, na planta e em suas estruturas vegetativas e reprodutivas. Todo esse reservatório de genes encontra-se à disposição dos melhoristas a partir de coleções mantidas em bancos de germoplasma.

Todo germoplasma mundial mantido em coleções organizadas possui 49 mil registros, com muitas duplicações, certamente (FAO, 1996). As maiores coleções mundiais de algodão encontram-se nos Estados Unidos, China, Índia, França e Brasil (DESSAW; HAU, 2006).

O Brasil possui um acervo de 4.361 acessos, compreendendo 31 espécies, sendo 39% de *G. hirsutum*, 35% de *G. barbadense* e 26% de outras espécies. A Embrapa Algodão mantém ainda, uma coleção in vivo de *G. mustelinum*, com 53 acessos. Esses acessos são ampliados por meio de novas introduções, coletas ou intercâmbio. A partir de 2002, foram realizadas expedições de coleta em 24 estados brasileiros, incorporando mais 1.848 acessos (CAMPBELL et al., 2010). Outras instituições no Brasil contam também com expressivas coleções, a saber: IAC, Epamig, Iapar e Coodetec/Cirad (PENNA, 2005).

Apesar do grande potencial que representam para o melhoramento de características da fibra e resistência a estresses bióticos e abióticos, entre outros, os recursos genéticos ainda não têm sido devidamente explorados pelos programas de melhoramento do Brasil. Freire (2000) cita os seguintes eventos como importantes ações de uso dos recursos genéticos, no Brasil: a) desenvolvimento de cultivares a partir da seleção direta em germoplasma nativo de algodoeiro mocó; b) lançamento da cultivar BRS 113 – 7MH, oriunda de cruzamento inter-racial entre os algodoeiros mocó (*G. hirsutum* var. *mariegalante*) e herbáceo (*G. hirsutum latifolium*); c) desenvolvimento da população

de base ampla SRI3 da qual se originaram muitas cultivares plantadas no Cerrado do Brasil; d) obtenção de cultivares de algodoeiro anual com a participação de *G. herbaceum* var. *africanum* e *G. hirsutum* var. *yucatanense*; e) obtenção de populações híbridas entre *G. mustelinum*, *G. barbadense*, *G. hirsutum* var. *marie-galante* e algodoeiros anuais. Mais recentemente, outras populações de base ampla têm sido geradas pelo projeto de melhoramento do algodão no Brasil, conduzido pela Embrapa Algodão, a partir de cruzamentos entre genótipos dos algodoeiros mocó, herbáceo e barbadense.

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUÇÃO

O algodoeiro cultivado no mundo é representado por quatro espécies, que apresentam variações quanto a alguns aspectos da biologia floral e reprodutiva. Portanto, como o algodoeiro herbáceo produz 90% da fibra consumida no mundo, serão abordadas apenas a sua biologia e reprodução.

A sequência fenológica das estruturas reprodutivas do algodoeiro está relacionada com o genótipo e as condições agroecológicas, podendo ser representada pelos seguintes eventos: botão floral, flor, maçã e capulho.

Nas condições do Nordeste brasileiro, os botões florais iniciam-se em torno dos 30 dias após a emergência, nas cultivares precoces. Como resultado do desenvolvimento desses botões, surgem as flores, após 15 dias, aproximadamente. Elas são completas, pedunculadas, isoladas, envolvidas por três brácteas com variações quanto ao número de dentes, hermafroditas, com cinco pétalas separadas e de cor creme a amarela, e sépalas unidas. A floração poderá se estender até um período próximo à abertura dos capulhos.

As flores abrem-se no início da manhã, e a fecundação ocorre logo nas primeiras horas. Após a fecundação, as pétalas mudam de cor, tornando-se rosadas no fim da tarde e evoluindo para o murchamento e queda, dias depois. A partir daí, inicia-se a formação da maçã (fruto imaturo), que atinge a maturação e abertura aos 90 dias após a emergência, aproximadamente, passando a ser chamada de capulho.

O algodoeiro é uma planta com sistema reprodutivo considerado misto, também denominado parcialmente autógamo, por Crisóstomo (1989), devido à ocorrência simultânea de autofecundação e cruzamento natural de origem entomófila. A taxa de alogamia é muito variável, havendo referências desde 2%, até 100%, dependendo da população e ação de insetos vetores, notadamente a abelha *Apis mellifera* L. (MANGUEIRA, 1971; MORESCO, 1999; SANCHEZ JUNIOR; MALERBO-SOUZA, 2004).

O controle da polinização (autopolinização e cruzamentos) é bastante simples e de fácil execução. A autopolinização consiste na proteção do botão floral contra a abertura e eventual visita dos insetos, o que pode ser conseguido com o uso de sacos de papel, barbante de algodão, fio de cobre ou cliques para papel. Para a realização dos cruzamentos, as flores que receberão o pólen são emasculadas e protegidas na tarde anterior à abertura, polinizadas na manhã seguinte com pólen do doador masculino e protegidas novamente para evitar contaminação.

O conhecimento do sistema reprodutivo e da taxa de alogamia da cultura é de fundamental importância para escolha do método de melhoramento a ser usado, bem como para a manutenção da pureza dos genótipos e para a produção de sementes.

CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E CULTIVARES

Uma boa cultivar deve atender às expectativas dos segmentos da cadeia produtiva. A indústria têxtil requer matéria-prima com características específicas de qualidade e uniformes para permitir o maior rendimento das máquinas com o menor custo; ao beneficiador interessa uma boa porcentagem e um baixo nível de impurezas, enquanto o produtor deseja: produtividade elevada, adaptação ao ambiente e ao sistema de cultivo, resistência às principais pragas, doenças e demais estressores ambientais. Essas demandas mudam de acordo com os avanços ou necessidades tecnológicas do sistema de produção, da indústria têxtil e de beneficiamento e mudanças de costumes (moda, exigências ambientais) exigindo uma constante aferição e, se necessário, redirecionamento dos objetivos dos projetos de melhoramento. Como o cultivo do algodão é uma atividade econômica que precisa dar lucro, a escolha da cultivar deve recair sobre aquela que, com o mesmo investimento e nas mesmas condições de ambiente e manejo, ofereça o melhor retorno. Assim, quando uma cultivar é recomendada para o plantio comercial, em uma região, significa que ela demonstrou vantagens comparativas, em ensaios de competição apropriados e com delineamentos estatísticos definidos, conduzidos, no mínimo, por 2 anos e em 3 locais, de acordo com cada sistema de produção e em atendimento à legislação brasileira.

A cultura do algodoeiro é explorada sob as mais diversas condições, representadas pelo tipo de solo, clima, níveis de precipitação pluvial e

fertilização, ocorrência de pragas e patógenos, bem como práticas de manejo cultural que, conjuntamente, representam o ambiente. Por conseguinte, o comportamento de uma cultivar em uma outra região poderá não ser o mesmo na região Nordeste e vice-versa. Desse modo, um dos primeiros aspectos a ser considerado pelo produtor na escolha de uma cultivar é a adaptação à região de destino, que é determinante para um bom desempenho, pois a resposta fenotípica de cada genótipo às variações ambientais é, em geral, diferente e reduz a correlação entre o fenótipo e o genótipo (BORÉM, 1997). Isso significa que as cultivares podem ter desempenhos relativos distintos, em diferentes ambientes (interação genótipo x ambiente). Uma cultivar que tem bom desempenho em regime irrigado, por exemplo, poderá não o ter em sequeiro, ou vice-versa. Do mesmo modo, algumas cultivares podem tolerar ou escapar ao estresse hídrico mais do que outras. Como as condições edafoclimáticas e de manejo cultural influenciam o desempenho, não se recomenda a indicação de cultivares para uma região, com base em testes realizados em outra região, pois o seu comportamento poderá não se repetir.

A adaptação ampla é uma condição altamente desejável, mas de difícil obtenção. Uma cultivar com adaptação ampla deve apresentar um desempenho superior e estável, em diferentes condições de ambientes (adaptabilidade e estabilidade) (BORÉM, 1997). Segundo Fuzatto (1999), a exigência de condições ótimas e a rusticidade exagerada associada à baixa resposta às melhorias ambientais são características indesejáveis. Para a agricultura familiar na região Nordeste, onde o algodão é cultivado sob condições de baixo investimento em insumos e tecnologia, é importante que a cultivar produza bem também em condições desfavoráveis.

Algumas características são mais sensíveis às variações do ambiente do que outras. Segundo Penna (1999), a influência do ambiente é alta para produtividade, média para os componentes de produção e baixa para as características físicas da fibra, indicando uma necessidade de ensaios (anos e locais) em ordem decrescente, para a avaliação de desempenho das cultivares, com relação a essas características. Chiavegato et al. (1999) observaram a influência do ambiente maior do que a de cultivares, para todos os componentes da produção e características tecnológicas da fibra.

O sistema de cultivo também influencia o desempenho da cultivar, sendo, portanto, um aspecto importante a ser considerado. Em geral, o cultivo intensivo, de alto investimento tecnológico e de insumos, como o irrigado, exige cultivares com elevado potencial produtivo e boa resposta aos insumos,

enquanto a cotonicultura familiar, de sequeiro, praticada na maioria do semiárido nordestino, tem maior exigência por adaptação, resistência à seca e precocidade. A qualidade da fibra e a resistência às principais doenças e pragas são características desejáveis comuns a todos os sistemas.

A produtividade é o caráter de maior importância econômica para o produtor e precisa ser avaliada com cuidado, por ser de natureza genética quantitativa e sofrer grande influência do ambiente, fazendo com que as diferenças observadas entre cultivares possam não ser devidas ao seu potencial genético. Esse fator pode ser determinado pelo número e peso de capulhos e pela porcentagem de fibra, sendo o primeiro o mais importante. Como a fibra é o produto de maior valor comercial do algodão, sua produtividade é mais importante do que a de algodão em rama, na avaliação da cultivar. Assim, apesar da alta correlação positiva entre a produtividade em caroço e a produtividade em fibra, a escolha de uma cultivar é mais apropriadamente avaliada em relação à fibra. Segundo Verhalen et al. (2005), uma cultivar com maior produtividade e moderada porcentagem de fibra dá maior retorno financeiro do que uma outra com menor produtividade e alta porcentagem de fibra, pois as diferenças em produtividade são mais significativas do que as diferenças em porcentagem. Entretanto, maior porcentagem é particularmente importante para a indústria de beneficiamento, por oferecer maior rentabilidade. Com o advento dos biocombustíveis, o teor de óleo passou também a ser um importante fator na escolha da cultivar de algodoeiro.

Algumas características do capulho não interferem diretamente no desempenho quantitativo ou qualitativo da cultivar, mas são particularmente importantes, dependendo do tipo de colheita. Para a colheita manual, devem-se preferir cultivares que possuam capulhos com peso médio maior do que 6 g, mais abertos e com menor retenção da pluma, enquanto, para a colheita mecanizada, é desejável capulhos com 4,5 g a 6 g e com maior retenção da pluma, por resultarem em menores perdas e maior rendimento da colheita (BELTRÃO et al., 2004 ; FARIAS et al., 2008; NILES; FEASTER, 1984).

O tamanho da semente, determinado pelo peso de 100 sementes, pode interferir no desempenho de uma cultivar. Estudos realizados por May (2001) indicam que os aumentos de produtividade de fibra das cultivares modernas têm resultado essencialmente dos aumentos do número de capulhos por área e da porcentagem de fibra, resultando na redução do tamanho da semente. Sementes pequenas demais podem causar efeitos negativos no beneficiamento, decorrentes do aumento de resíduos de fragmentos das

cascas das sementes, maiores perdas de sementes, além de germinação potencialmente mais pobre e mais sensível às adversidades climáticas, comuns na região Nordeste.

A precocidade, representada como o espaço de tempo necessário para uma cultivar produzir uma colheita satisfatória sob determinadas condições, é influenciada pela rapidez de iniciação e produção de botões florais e flores, além da velocidade de maturação dos frutos. Pode ser determinada indiretamente por meio dos seus componentes: taxa de germinação, dias para a primeira flor, taxa de floração, taxa de retenção de frutos e taxa de abertura de capulhos (PENNA, 2005). Cada um desses componentes está aparentemente sujeito a modificações genéticas e pode ser manipulado separada ou concomitantemente, dependendo dos objetivos do programa de melhoramento.

A precocidade reduz as perdas por doenças e pragas, contribuindo para um manejo fitossanitário mais eficiente, reduz os custos, aumentando a eficiência de produção (insumos e mão de obra) por meio do encurtamento do ciclo da cultura, e reduz as perdas ocasionadas por riscos climáticos decorrentes da ocorrência de períodos chuvosos curtos, comuns na região Nordeste. As cultivares de floração precoce e frutificação rápida são desejáveis, na presença de baixas populações de bicudo, por garantirem uma boa formação da produção, nos primeiros 30 dias após o início dos botões florais. Nessas condições, o período de frutificação é encurtado, reduzindo o seu ciclo. Entretanto, para que isso funcione, o uso dessas cultivares deve estar atrelado às práticas de manejo cultural específicas para cada região e sistema de produção, uma vez que a precocidade é um caráter de herança quantitativa e, portanto, influenciado pelo ambiente.

Os sistemas de produção de algodão de ciclo curto, de baixo investimento, associados com o manejo integrado de pragas, são reconhecidamente eficientes para o controle do bicudo, reduzindo a dependência do uso de defensivos. Para a região Nordeste, Farias et al. (1999) caracterizam como precoces as cultivares com potencial para produzir 1.000 kg ha⁻¹ (algodão em rama) nos primeiros 20 dias após o início da floração e ciclo de 100 a 110 dias. As cultivares precoces geralmente possuem menor produtividade e fibra com menor resistência, comprimento e micronaire (finura), em relação às cultivares de ciclo normal ou tardio (HEILMAN et al., 1986; FREIRE; CARVALHO, 2004).

O método mais usado para a avaliação da precocidade de uma cultivar é pela determinação da taxa de abertura de capulhos, representada na prática

pela proporção entre a primeira colheita e a colheita total (produtividade em kg ha^{-1} , da primeira colheita/produtividade em kg ha^{-1} , da colheita total $\times 100$), por ser mais prático e envolver a produtividade. Assim, a rápida maturação expressa dessa maneira é considerada uma importante característica para cultivares plantadas em regime de sequeiro, na região Nordeste, devido ao curto período chuvoso e como estratégia de convivência com o bicudo. Em regime irrigado, cujas condições ambientes são mais controladas e há maior investimento, devem-se preferir cultivares de ciclo médio (130 a 140 dias), que são mais produtivas do que as precoces e respondem melhor ao uso mais intensivo de insumos.

O porte e arquitetura da planta são características genéticas importantes para uma cultivar de algodoeiro. As cultivares modernas têm evoluído para a redução do porte e arquitetura compacta, que estão, de certo modo, associadas à precocidade, adaptação ao manejo e aumento da produtividade, com base no aumento do número de frutos por área, em vez do número de frutos por planta. Geralmente, as cultivares precoces são compactas e de porte baixo, sendo estas características consideradas necessárias para a convivência em ambientes em que a umidade e a temperatura são fatores limitantes (LEE, 1987). Essas características influenciam o tipo de colheita. Em geral, as plantas adaptadas para a colheita manual são de maior porte e mais abertas, com ramos e entrenós maiores, capulhos maiores, abertos e com menor retenção da pluma, além de ciclo médio a tardio, sendo adequadas para a realização de mais de uma colheita. As cultivares adaptadas para a colheita mecanizada são de menor porte, mais compactas, têm ramos laterais e entrenós mais curtos, menor densidade foliar, maior retenção de capulhos que se abrem mais próximos do solo e de ciclo médio a muito precoce.

A qualidade final do algodão produzido é de fundamental importância. Ela depende das características intrínsecas e extrínsecas da fibra. As características intrínsecas, também chamadas características tecnológicas da fibra, são controladas geneticamente e influenciadas pelo ambiente e são quantificadas por meio de análises em HVI (High Volume Instruments). As características extrínsecas são aquelas adquiridas pela fibra e dependem de fatores externos aos quais a fibra é submetida, como colheita e armazenamento, principalmente, e são determinantes do tipo de algodão colhido. Entre as características intrínsecas, estão o comprimento, a finura (micronaire) e a resistência da fibra, que são os principais determinantes do seu preço e têm alta herdabilidade, enquanto a uniformidade de comprimento

e o alongamento são importantes no processo de industrialização da fibra. O grau de folha, embora importante, é pouco influenciado pela cultivar, a não ser em relação à pilosidade da planta, em que as folhas glabras dão maior valor (VERHALEN et al., 2005; MEREDITH, 1984). Em resumo, as cultivares com fibras maiores, mais fortes, mais uniformes, com grau de folha superior e maior alongamento, são mais desejáveis. O grau de cor é uma característica importante, por ser de fácil determinação visual e influenciar o preço da pluma, sendo primordial para a realização da mistura de cores corretas na produção do fio. Entretanto, ele não é fundamental para a escolha da cultivar, por sofrer maior influência do ambiente, das práticas culturais e do manuseio da colheita.

A ordem de importância das características da fibra pode ser estabelecida como: finura, comprimento, resistência, alongamento, índice de fibras curtas, fiabilidade e grau de cor (reflectância/grau de amarelo) (QUALIDADE..., 2003). Na verdade, cada tipo de algodão tem seu mercado, mas o tamanho dele está associado à facilidade de venda que depende da qualidade da fibra (REINHART, 2005). Por outro lado, as exigências em relação às características da fibra estão relacionadas com o tipo de tecnologia de fiação e envolvem basicamente o comprimento, a resistência e a finura, em diferentes ordens de preferência.

Com base nesses princípios e na premissa de que a globalização dos mercados uniformizou as exigências em relação à fibra, alguns padrões mínimos são estabelecidos como orientação para a seleção de cultivares, de acordo com os objetivos dos programas de melhoramento (Tabela 1).

As seguintes características são também consideradas, na seleção de cultivares: produtividade elevada, precocidade, resistência à seca, resistência ao tombamento, resistência às principais doenças (ramulose, ramulariose, antracnose, mancha-de-alternaria, bacteriose, viroses).

MELHORAMENTO NO BRASIL

O melhoramento do algodoeiro no Brasil foi iniciado em 1921, quando foi reativado, no Ministério da Agricultura, o Serviço Federal do Algodão com os objetivos de dar assistência técnica aos agricultores, estimular o melhoramento das variedades, proceder a estudos dos solos e do clima, incentivar a criação de campos experimentais e, por fim, desenvolver o estudo das pragas e doenças do algodoeiro, para permitir o seu combate. Em 1924, o

Tabela 1. Padrões médios das características de fibra adotados para a seleção de cultivares de algodoeiro herbáceo.

Característica	Padrão mínimo		
	Algodão fibra média branca (sequeiro)	Algodão fibra longa branca (irrigado)	Algodão fibra colorida (sequeiro)
Porcentagem de fibra (%)	> 40	> 36	> 35
Comprimento de fibra (mm)	> 28,5	> 34,0	> 26
Resistência (gf tex ⁻¹)	> 28	> 34	> 26
Micronaire (µg pol ⁻¹)	3,8 a 4,5	3,8 a 4,0	3,5 a 4,5
Grau de amarelecimento	< 10	< 10	> 13
Reflectância (rd - %)	> 70	> 70	< 70
Uniformidade (%)	> 82	> 84	> 80
Índice de fibras curtas (%)	< 5	< 5	< 7
Alongamento	> 7	> 7	> 6,5
Fiabilidade (CSP)	> 2.200	> 2.500	> 2.000

Instituto Agronômico de Campinas (IAC) iniciou os trabalhos de melhoramento genético do algodoeiro. Nessa época, foram iniciados também os programas de melhoramento do algodoeiro herbáceo e arbóreo no Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Sergipe, nas estações experimentais de Coroatá, no Maranhão; Cruzeta, no Rio Grande do Norte; Pendência, no Município de Soledade, na Paraíba; Surubim e Serra Talhada, em Pernambuco; Santo Antônio do Pitaguari, Município de Maranguape; no Ceará e Quissamã, em Sergipe (MOREIRA; SANTOS, 1994).

Em 1930, já existia uma adequada rede de pesquisa e melhoramento do algodoeiro no Brasil, sob a coordenação do Serviço Federal e dos Serviços Estaduais de Algodão, principalmente nos estados do Maranhão (estação experimental de Coroatá), Pernambuco (estações experimentais de Surubim para o algodoeiro anual e de Serra Talhada para o algodoeiro arbóreo), Rio Grande do Norte (estações experimentais de Cruzeta e a Fazenda São Miguel, em Angicos, mantida pelas Linhas Corrente, para o algodoeiro arbóreo), Ceará (estação experimental de Santo Antônio do Pitaguari, Município de Maranguape), Sergipe (estação experimental de Quissamã), Minas Gerais (estação experimental de Sete Lagoas) e em Campinas, na Seção do Algodão do Instituto Agronômico de Campinas (MOREIRA;

SANTOS, 1994). A maioria dessas estações experimentais funcionou até a década de 1980, quando o bicudo-do-algodoeiro foi introduzido no Brasil, levando à derrocada do algodoeiro arbóreo e a desativação da maioria dos programas de melhoramento dessa cultura no Nordeste. Desses programas, apenas funcionam ainda, sem interrupção, o da Embrapa Algodão – antes desenvolvido na E.E. de Surubim, PE, transferido para a E.E. de Barbalha, CE – e o da Seção de Algodão do IAC, em Campinas, SP.

Nas décadas de 1980 e 1990, os trabalhos de melhoramento do algodoeiro executados no Cerrado do Centro-Oeste eram restritos à avaliação de cultivares desenvolvidas pelo IAC, Iapar e Embrapa Algodoeiro, oriundas dos estados de São Paulo, Paraná e da região Nordeste do Brasil. As cultivares que apresentavam comportamento produtivo superior eram indicadas para plantio, e procurava-se adquirir sementes produzidas nos estados de origem para distribuição aos produtores do Centro-Oeste. No Estado de Goiás, as pesquisas com melhoramento iniciaram na década de 1980, por meio de uma parceria entre o Instituto Agrônomo de Campinas com o Grupo Maeda. Nessa época, no Mato Grosso, os grandes produtores do Cerrado iniciaram a busca por novas alternativas agropecuárias, impulsionados pela crise de rentabilidade da soja, além dos problemas fitossanitários, advindos da exploração contínua dos solos com a soja, como o cancro-da-haste, olho-de-rã e o nematoide de cisto (FREIRE, 1998).

Em 1989, foi estabelecido um convênio entre a Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – e a Itamarati Norte, com o objetivo de geração de tecnologia para a exploração do algodão no Cerrado de Mato Grosso, incluindo a introdução e avaliação de cultivares e melhoramento do algodoeiro de fibras médias e longas (FREIRE et al., 1989). Esse programa de melhoramento vem sendo conduzido de modo contínuo até hoje e já conseguiu desenvolver dezenas de cultivares que foram disponibilizadas aos produtores do Mato Grosso e do Cerrado brasileiro.

A partir de 1995, novas empresas de melhoramento passaram a investir no Cerrado. No início foi a Fundação Mato Grosso – em parceria com a Embrapa Algodão, com o Instituto Agrônomo de Campinas e com o Instituto Agrônomo do Paraná – e a Coodetec – em parceria com o Cirad, da França. Posteriormente, vieram a Bayer CropScience, que se associou à CSD-Csiro da Austrália; a Delta and Pine Land Co., que se associou ao Grupo Maeda, criando a MDM para produção e distribuição de suas sementes no Cerrado e, por fim, a Monsanto, por meio da compra da Stoneville, que já atuava no Município de Primavera do Leste, MT, e posteriormente por meio da compra da Deltapine.

O advento da lei de proteção de cultivares atraiu as empresas privadas para o mercado brasileiro de cultivares de algodoeiro, aumentando o número de programas de melhoramento no Brasil. Segundo Freire et al. (2007), além da Embrapa, três instituições públicas (Epamig, IAC e Iapar) e cinco privadas (Delta Pine & Land Co., Stoneville, Bayer CropScience, Coodetec e Fundação MT) possuíam programas de pesquisa estruturados, no Brasil. Atualmente esse panorama já se modificou, porque a Monsanto comprou a Deltapine e a MDM, e o Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMA) comprou o programa de melhoramento da Coodetec e da LD Melhoramento.

OBJETIVOS DO MELHORAMENTO

Os programas de melhoramento buscam selecionar características e estabelecer padrões que atendam às demandas da cadeia produtiva. Para isso, precisam ter objetivos definidos em suas diretrizes. Embora os seus objetivos difiram de acordo com a espécie e o propósito do melhoramento, alguns são comuns a todos os programas por estarem relacionados com características básicas, de interesse geral, como: aumento de produtividade, adaptação ambiental, aumento da qualidade do produto e resistência a pragas e doenças. Outros objetivos são mais específicos por estarem associados às características da cultura em foco, ao sistema de produção, à região ou à cadeia produtiva, e precisam ser bem definidos.

Segundo Freire et al. (2008), os programas de melhoramento do Brasil, assim como os de outros países produtores, possuem como objetivos comuns o aumento de produtividade e do rendimento de fibra, e a obtenção de fibras mais finas, resistentes e uniformes. Mais especificamente para o Brasil, alguns padrões mínimos são estabelecidos para essas variáveis, como: precocidade do ciclo entre 110 e 140 dias, rendimento de fibra superior a 40%, finura da fibra com índice micronaire entre 3,6 e 4,2, resistência maior que 28 gf tex⁻¹, e uniformidade de comprimento maior que 84%. Após a liberação do cultivo comercial de algumas variedades transgênicas, a incorporação de genes de resistência a pragas e herbicidas nos materiais elites disponíveis no País também passou a ser prioridade.

Para o Nordeste, onde o algodoeiro é cultivado em dois ecossistemas distintos – os cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão e o semiárido (Agreste e Caatinga), compreendendo os demais estados – tem-se que considerar as peculiaridades de cada região, por serem bastante diferentes e com

características específicas, apresentando demandas diferenciadas em relação às cultivares.

Nos cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão, praticam-se agricultura empresarial de grande escala, empregando um sistema intensivo de produção de algodão de fibra média, totalmente mecanizado e com elevada produtividade, semelhantemente ao cerrado da região Centro-Oeste. As demandas gerais são por cultivares com as seguintes características: a) ciclo precoce e médio; b) resistência às doenças: ramulose (*Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*), mancha-de-ramulária (*Ramularia areola*), mancha-de-stemphylium (*Stemphylium solani*), mancha-de-alternária (*Alternaria* spp.), bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Malvacearum*) e antracnose (*Colletotrichum gossypii*); c) resistência ou tolerância ao bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*), curuquerê (*Alabama argillacea*), lagarta-das-maçãs (*Heliothis virescens*), lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*), lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*), pulgão (*Aphis gossypii*) e mosca-branca (*Bemisia argentifolii*). No semiárido, caracterizado pela predominância da exploração familiar, a demanda é por tolerância à seca, ciclo precoce ou semiperene, adaptação às condições edafoclimáticas locais (chuvas irregulares, solos alcalinos, rasos e pedregosos, resistência ao bicudo e características especiais, como: fibra colorida, fibra longa, ausência de Gossypol nas sementes, aumento do teor de óleo (FREIRE et al., 2007; VIDAL NETO; CARVALHO, 2006).

MÉTODOS DE MELHORAMENTO

Como o algodoeiro é uma espécie com alogamia parcial, as cultivares não são desenvolvidas como linhas puras, e os métodos de melhoramento usados possuem particularidades dos métodos de autógamas, assim como dos de alógamas. Um grau moderado de heterozigozidade é necessário para prover heterose e manter o nível de produtividade elevado. O objetivo é purificar as linhagens o suficiente para obter uniformidade, conservando um nível de heterozigozidade adequado para manter as plantas vigorosas e produtivas (POEHLMAN; SLEPER, 1995). Assim, as linhagens devem ser uniformes para os caracteres morfológicos, resistência a pragas e doenças, e características da fibra, mantendo o vigor híbrido e ampla adaptação ecológica.

Apesar de suas flores hermafroditas, a fertilização do algodoeiro resulta da combinação da autofecundação e do cruzamento natural, dependendo

da incidência de insetos, como vetores de pólen. Dada a dependência do fluxo gênico realizado por insetos polinizadores, a ausência de um sistema reprodutivo bem definido fez com que os métodos de condução das populações segregantes utilizados em programas de melhoramento do algodoeiro apresentassem particularidades dos métodos praticados em culturas autógamas (como a soja), assim como de alógamas (como o milho). Contudo, os processos de hibridação, de avaliação e de seleção são similares.

Geralmente, como para qualquer cultura, utiliza-se no algodoeiro a hibridação como forma de explorar e ampliar a variabilidade genética e, então, aplica-se uma das formas de condução da população segregante, seja o método do *bulk*, *bulk* dentro de família ou genealógico. Seleção recorrente e retrocruzamento também são usados, sendo o primeiro para melhoramento populacional, e o segundo, para incorporação de poucos genes específicos.

Os métodos de melhoramento do algodoeiro são agrupados em seleção massal, genealógica, pedigree-massal, recorrente, ou ainda por hibridação, retrocruzamento e uso do vigor híbrido (GRIDI PAPP, 1969; FREIRE, 1983; NILES; FEASTER, 1984; LEE, 1987).

A seleção genealógica, também conhecida como seleção individual, seleção de pedigree e seleção de progênies, é o principal método empregado na maioria dos programas de melhoramento do algodoeiro e consiste na seleção individual de plantas, baseando-se nas características fenotípicas, com estudo posterior das progênies, conduzidas predominantemente sob autofecundação artificial. Plantas superiores são eleitas nas melhores progênies, estudando-se comparativamente sua descendência, até optar-se por uma linhagem superior, que será multiplicada como a nova cultivar. Essa metodologia é aplicada tanto em populações com pouca variabilidade como em populações segregantes, derivadas de hibridações intra ou interespecíficas (CRISÓSTOMO, 1989).

As cultivares melhoradas podem ser originadas de uma única planta, ou da mistura de linhagens ou progênies superiores, denominadas de *bulk*. Em populações segregantes, a seleção inicia-se na geração F2, para caracteres de alta herdabilidade, e a partir da F3, para os demais caracteres, em condições de autofecundação artificial. Nas seleções posteriores (F4 a F8), o incremento de semente genética e a manutenção de cultivares são efetuados sob polinização natural, mas, frequentemente, em condições de semi-isolamento, ou seja, em campos, isolados de outras cultivares por barreiras de porte alto (milho, sorgo, crotalaria júncea ou vegetação nativa), permitindo-se a proximidade de genótipos aparentados (FEASTER, 1984; GRIDI-PAPP, 1969; LEE, 1987;

POELHMAN, 1995; NILES). A maioria das cultivares latino-americanas foi obtida por esse método, destacando-se as cultivares paulistas de algodão, onde, desde 1937, a seleção genealógica constitui a base do programa de melhoramento do Instituto Agronômico de Campinas (GRIDI-PAPP, 1969; GRIDI-PAPP et al., 1984; NEVES, 1964). Esse é, também, o principal método empregado nos algodoeiros arbóreo e herbáceo, no Nordeste brasileiro.

No melhoramento do algodoeiro herbáceo, embora predomine a autofecundação (feita 3 a 4 vezes durante o programa), foram introduzidas modificações, possibilitando o emprego da recombinação intrapopulacional durante a seleção. Várias cultivares foram obtidas por esse método (BOULANGER, 1971; CRISÓSTOMO et al., 1983a; 1983b; FREIRE, 1978).

O modelo de seleção genealógica usado pela Embrapa está apresentado na Figura 1.

Apesar do progresso obtido por meio da seleção genealógica, várias críticas relacionadas à redução da performance das populações selecionadas, da adaptabilidade e a depressão endogâmica, decorrentes da intensificação do processo de autofecundação, exigiram modificações no esquema original (HARLAND, 1944; HUTCHINSON, 1940; MEREDITH, 1979; SIMPSON; DUNCAN, 1953; VELLASCO, 1932).

Para corrigir essas falhas, vários autores têm recomendado modificações no esquema original, destacando-se os seguintes:

- Uso da seleção genealógica a partir de cruzamentos triplos padronizados.
- Uso da seleção recorrente nas populações iniciais (F2, F3, F4, F5) seguida da seleção genealógica nas gerações avançadas.
- Condução das populações híbridas F2 a F4 ou F5, pelo método da população (*bulk*), colhendo-se apenas uma maçã/planta, seguido de seleção genealógica nas gerações F5 e F6.
- Identificação de parentais, F1 e F2 superiores por meio de cruzamentos dialélicos, seguidos do intercruzamento das populações superiores para quebra de ligamentos e aplicação da seleção genealógica nas gerações F3 a F5 (JOSHI, 1979; MEREDITH, 1979; FREIRE, 1983).

O método denominado seleção pedigree-massal, adotado inicialmente por Harland (1944), e que consiste na seleção individual de plantas, no estudo das progênies sob polinização livre e na mistura das melhores para formar uma nova população denominada *bulk*, repetindo-se o processo, favorece a recombinação durante a seleção.

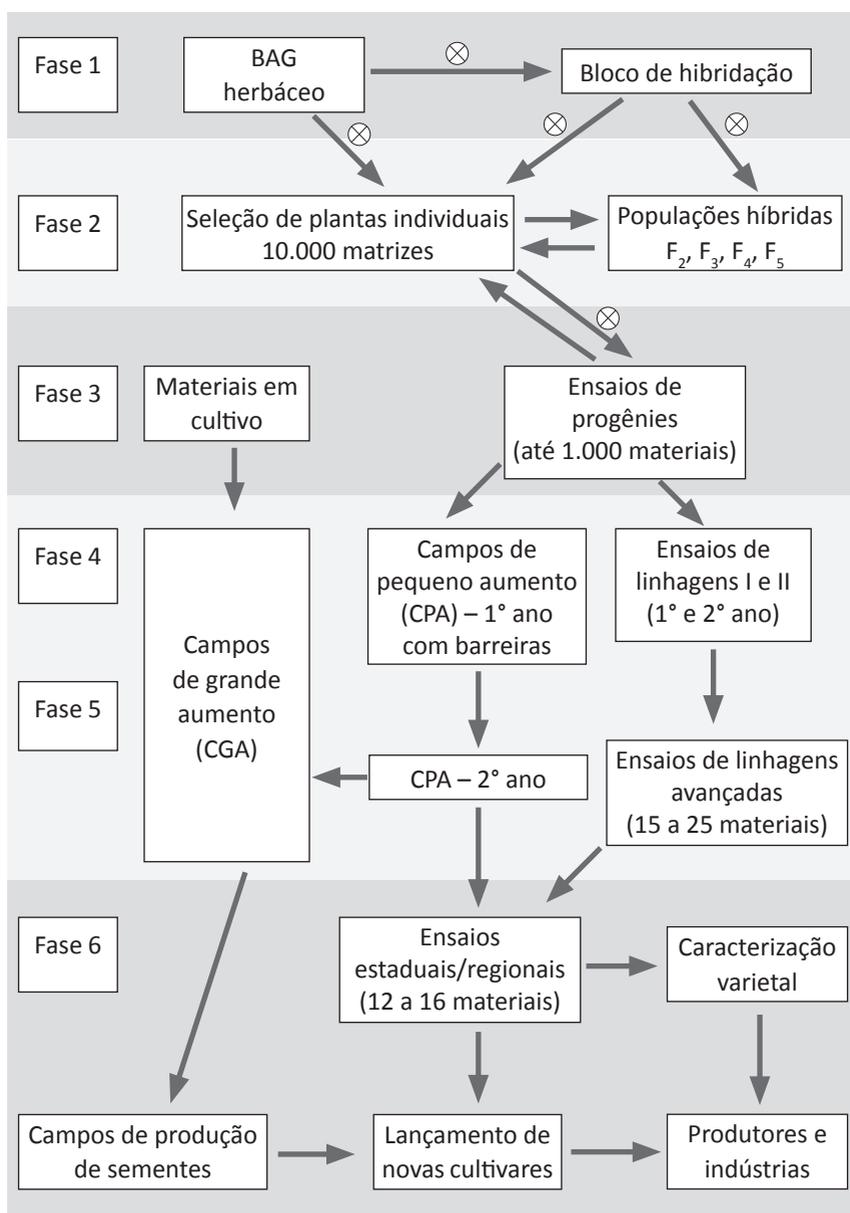


Figura 1. Esquema geral do programa de melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado, desenvolvido pela Embrapa Algodão.

Fonte: Freire et al. (2007)

Alguns autores sugeriram o inter cruzamento artificial dentro de populações, visando à quebra de ligações genéticas indesejáveis, para reduzir as correlações desfavoráveis entre os caracteres econômicos, como produtividade e qualidade de fibra, aumentando a eficiência da resseleção dentro de cultivares (MEREDITH; BRIDGE, 1971; MEREDITH, 1979).

Em algumas regiões, onde a taxa de cruzamento natural predominante no algodoeiro cultivado tem resultado em variabilidade visível, facilitando a quebra de ligações indesejáveis, a prática da resseleção em cultivares comerciais de algodoeiro pode ser realizada com sucesso (MEREDITH, 1979). O IAC, por exemplo, tem usado a resseleção no melhoramento de várias das suas cultivares de algodão, com melhoria dos caracteres tecnológicos de fibras e da resistência a doenças.

O método de retrocruzamento é útil para a incorporação de poucos genes específicos em cultivares comerciais, com a recuperação da cultivar recorrente. Teoricamente, a seleção para outros caracteres, além do gene introduzido, não é necessária, apesar de praticada. Uma modificação do método do retrocruzamento consiste na introdução de mais de um caráter ou na transferência de caracteres de herança quantitativa. Um inconveniente observado nesse método tem sido os efeitos adversos da introdução de alguns genes sobre as propriedades de fibras. Esse método tem sido largamente usado na transferência de genes para resistência a doenças, e na obtenção de cultivares transgênicas.

Intuitivamente, a seleção recorrente e a seleção massal ainda são associadas ao melhoramento de plantas alógamas. Contudo, na prática, já são uma alternativa viável para espécies autógamias ou parcialmente autógamias, como no caso do algodoeiro.

A seleção massal é geralmente usada para a rápida melhoria de alguns caracteres de alta herdabilidade numa população, ou na manutenção de cultivares melhoradas. A seleção massal simples consiste em se escolher, numa população básica, certo número de plantas consideradas do tipo ideal, para multiplicação conjunta. Geralmente, essa escolha é feita por seleção visual e as plantas selecionadas são misturadas para plantio no ano seguinte. Esse método tem sido usado, também, na fase de acabamento em algumas cultivares de algodoeiro. Nesse caso, deseja-se obter uniformização para algum caráter morfológico, como altura de planta, forma de maçã, cor do pólen ou pétala, bráctea frego, folha *okra* ou pilosidade. A Embrapa Algodão também usou esse método no acabamento de cultivares de algodoeiro-mocó no Nordeste do Brasil (FREIRE, 1983).

Os métodos de seleção recorrente foram designados para a melhoria da população, pelo aumento da frequência de genes desejáveis, para o caráter sob seleção, para manutenção da variabilidade genética, visando ao melhoramento contínuo e à oportunidade de seleção de genótipos superiores em qualquer ciclo (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1981).

A seleção recorrente tem como pressupostos: a) o uso de uma população de base genética ampla; b) a inclusão do germoplasma mediante seleção; c) o uso da seleção cíclica para aumentar a frequência de genes favoráveis para os caracteres em seleção; d) as populações como possíveis fontes de novas cultivares melhoradas.

Diversos autores têm sugerido e usado métodos modificados de seleção recorrente em algodoeiro, principalmente visando à utilização posterior de seleção genealógica (FREIRE, 1983). Entre os métodos de melhoramento de populações descritos por Paterniani (1978), podem ser usados, em algodoeiro, os seguintes:

- Seleção entre e dentro (de) famílias de meios-irmãos, que seria adequada ao algodoeiro-mocó, em áreas de alta taxa de alogamia, por concentrar genes heteróticos.
- Seleção entre e dentro (de) famílias S1, adequada ao melhoramento do algodoeiro herbáceo ou anual.
- Seleção recorrente fenotípica, propícia ao melhoramento da precocidade e das características de fibras do algodoeiro-mocó, e anual, em substituição à seleção massal.
- Seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos, adequada ao melhoramento de duas populações, destinadas à produção de híbridos F1.

Várias outras variantes têm sido ainda sugeridas por Fehr (1978), Lee (1987) e Miller e Rawlings (1967).

Nos programas de melhoramento da Embrapa, desenvolvidos em Mato Grosso e em Goiás, tem-se usado o método da seleção recorrente para obter populações segregantes que concentrem genes para resistência a viroses e doenças foliares, bem como para características tecnológicas de fibras superiores aos padrões comerciais, especialmente quanto ao comprimento e resistência das fibras.

As hibridações intraespecífica e interespecífica têm sido usadas no algodoeiro como forma de combinação de características existentes em dois paternos e para ampliação da variabilidade. Elas são praticadas com muitas

variações, que vão desde a hibridação biparental, a cruzamentos triplos dirigidos, cruzamentos múltiplos intraespecíficos e até o uso de cruzamentos interespecíficos, sempre seguidos por autofecundação. Em todos os sistemas, nas fases de F2 a F5, é aplicado o método genealógico. Podem ser usadas, também, em métodos combinados de melhoramento, que incluem cruzamentos múltiplos, conduzidos por três ciclos da seleção recorrente, após os quais se aplica a seleção genealógica. A Embrapa lançou mão desse método combinado para a criação de uma população de base ampla (CNPA SRI5) que foi usada para o melhoramento do algodoeiro em condições de cerrado, obtendo-se dessa população várias cultivares lançadas e plantadas no Cerrado, como a BRS Antares, BRS Aroeira e BRS Sucupira.

A produção de híbridos F1 de algodão é estudada desde 1947, quando se constatou a ocorrência de vigor híbrido. De início, surgiram três problemas para a produção de híbridos de algodão: era preciso encontrar um meio de se separar, num lote de sementes, as sementes híbridas, das oriundas de autopolinização; necessitava-se identificar as áreas de alta taxa de aloгамia e os insetos polinizadores principais; além disso, a semente obtida por cruzamento tinha custo muito elevado.

Em certas combinações, a identificação da semente híbrida pode ser feita com o uso de peneiras, porque, em média, as sementes são mais longas. A identificação de áreas de polinização cruzada elevada que garantisse uma eficiência de polinização de 90% foi possível na localidade de Las Cruces, no Novo México (Estados Unidos), e em várias localidades do Nordeste do Brasil (FREIRE, 1983). Por fim, o alto custo da semente produzida manualmente inviabiliza a produção comercial de sementes híbridas em quase todas as regiões produtoras do mundo, com exceção da China e da Índia, onde o custo da mão de obra é baixo. Nesses países, a semente híbrida é vendida a U\$6,50 kg⁻¹ e chega-se a produzir de 750 kg ha⁻¹ a 3.700 kg ha⁻¹ a mais que a semente oriunda de variedades puras. Para se desenvolver, com sucesso, um programa de híbridos de algodoeiro, são necessários três programas de melhoramento em paralelo, incluindo-se:

- Um para desenvolver, sucessivamente, paternais fêmeas (macho estéril) normalmente aos pares, incluindo-se a linha isogênica A (macho-estéril) e a linha B (férteis).
- Outro para desenvolver paternais macho-recuperadores de fertilidade (linhas R).
- Um programa amplo de testes para isolamento das melhores combinações híbridas, dentre as milhares possíveis.

Em países como Israel, Índia, Uzbequistão e China, entre outros, já existem sementes híbridas em uso comercial. Identificaram-se combinações híbridas promissoras no Paquistão, no Vietnã, nos Estados Unidos, na Austrália, no Sudão e no Brasil. O cultivo de algodoeiro híbrido em larga escala vem sendo efetuado na Índia e na China; na Índia, 28% da área de 7,5 milhões de hectares são ocupados com algodoeiros híbridos que produzem 42% da produção de 13 milhões de fardos, e, na China, estima-se que são cultivados mais de 15.000 ha com algodões híbridos (BASU, 1994).

Na Índia, a grande expansão da exploração de algodoeiros híbridos deveu-se ao baixo custo da mão de obra de mulheres e de crianças usadas na emasculação e polinização manuais, assim como aos altos níveis de produtividade e excelentes características tecnológicas de fibras. Lá, têm-se intensificado estudos sobre escolha dos parentais, diversificação dos germoplasmas e capacidade de combinação, além de terem sido testadas milhares de combinações diploides e tetraploides, nos níveis intra e interespecíficos, e estudada a possibilidade da produção de híbridos via macho-esterilidade citoplasmática (BASU, 1994).

Nos Estados Unidos, são desenvolvidos quatro tipos básicos de híbridos: híbridos de espécies (*G. hirsutum* versus *G. barbadense*), híbridos de tipos introgressivos, híbridos de algodão *upland* e híbridos F2. No entanto, o maior esforço está concentrado nos híbridos F2, numa tentativa de se resolver o problema do alto custo da semente F1.

A companhia comercial Chembred tem usado um agente químico hibridizante (CHA) que induz à macho-esterilidade e a polinização por abelhas para a produção da semente F1, a qual é usada na produção da semente F2, que, por sua vez, é comercializada a preços competitivos com as sementes das cultivares tradicionais. Na Austrália, também estão sendo desenvolvidos estudos com híbridos F2.

No Brasil, a Embrapa desenvolveu uma série de cruzamentos intra e interespecíficos, visando à identificação das melhores combinações para obter híbridos a serem distribuídos na região de cultivo do algodoeiro-mocó. No Cerrado, também foram identificadas combinações híbridas com altos valores heteróticos, especialmente para se obterem algodoeiros de fibras extralongas.

Mais recentemente, nos Estados Unidos, na Austrália e na China, estudos com híbridos estão sendo substituídos por pesquisas para a obtenção de cultivares transgênicas, para onde está sendo dirigida, prioritariamente, a maioria dos investimentos públicos e privados, bem como a atenção dos melhoristas do algodoeiro.

BIOTECNOLOGIA

Para a cultura do algodoeiro, os avanços mais importantes foram obtidos pela transgenia, voltada para o controle de insetos-pragas e resistência a herbicidas. Os algodoeiros transgênicos estão sendo obtidos a partir da cultivar Coker 312, a primeira transformada por engenharia genética, e que participa como progenitor doador dos genes incorporados. A essa cultivar já foram incorporados genes de *Bacillus thuringiensis* (Bollgard I e II e WideStrike e *Vip Cot*), que conferem resistência a lepidópteros (*Heliothis virescens*, *Alabama argilacea*, *Spodoptera frugiperda* e *Pectinophora Gossypiella*); os genes RR e RRFlex (*Roundup Ready* e *Roundup Flex*), que imprimem resistência ao herbicida glifosato; o gene BXN, que confere resistência ao herbicida para controle de folhas largas, Bromoxynil (Buctril), e o gene Liberty Link, que confere resistência ao herbicida glufosinato de amônia.

Nos Estados Unidos, na safra de 1996, foram plantados 750.000 ha de algodões transgênicos Bt, com apenas duas cultivares Bt (Nucotn 33 e Nucotn 35), mas, já na safra de 1997, foram lançadas pelo menos 17 novas cultivares transgênicas com os genes Bt, RR e BXN incorporados (WILLIAMS et al., 1997; MCCARTY, 1997).

Em 2007, mais de 13,2 milhões de hectares de algodão foram plantados com sementes transgênicas, correspondendo a aproximadamente 38% da área plantada com algodão no mundo (JAMES, 2009). Estima-se que 83% da área total plantada com algodão nos Estados Unidos tenha sido efetuada com cultivares transgênicas. Estão em fase de incorporação genes que conferem resistência a doenças (fusariose e verticiliose), resistência a outras pragas (coleópteros, afídeos e nematoides), características de fibras especiais e fibras coloridas, modificação na qualidade do óleo e eliminação do gossipol das sementes, as quais devem ser lançadas no mercado dos Estados Unidos, em curto prazo.

No Brasil, as pesquisas com transgenia avançam lentamente com a finalidade de se obter uma cultivar que confira resistência a insetos, com ênfase para o bicudo-do-algodoeiro.

CULTIVARES DESENVOLVIDAS

O sucesso de uma lavoura de algodão depende, essencialmente, da cultivar escolhida para o plantio. Existe no mercado uma grande diversidade

de cultivares à disposição dos produtores, cada uma com características específicas que as tornam adaptadas ao sistema de produção utilizado e ao local de implantação da lavoura, de modo a oferecer os melhores resultados. Essas cultivares possuem diferenças quanto ao ciclo, precocidade, porte, produtividade, adaptação ao sistema de cultivo, resistência a pragas, doenças e seca, além da cor, qualidade e porcentagem da fibra, que devem ser consideradas pelo produtor por ocasião da escolha. Quando se plantam grandes áreas, é recomendável o uso de mais de uma cultivar, como forma de equilibrar possíveis riscos de perdas individuais.

Na realidade, o destino final é que define o tipo de cultivar a ser utilizada. Os agricultores que produzem algodão em regime de sequeiro demandam cultivares de fibra média, branca ou colorida. Sob condições irrigadas, são demandados três tipos diferentes de cultivares, que podem ser utilizadas para a produção de fibra longa e extralonga, e para fibra média, a qual tem as opções de ciclo precoce e normal.

As cultivares de fibra colorida são alternativas especialmente interessantes para a produção de base familiar da região Nordeste, que poderá agregar valor à produção, por meio do cultivo orgânico e uso de beneficiamento próprio, com o emprego da minidescarçadeira. Atualmente, a pluma colorida é empregada na confecção de roupas, tapetes, redes e artigos de artesanato. Essas cultivares são de ciclo anual, com manejo cultural semelhante ao dispensado a uma cultivar de algodão herbáceo de fibra branca. Podem ser cultivadas em condições de sequeiro ou sob irrigação, em monocultivo ou consorciadas com culturas alimentares. O rendimento da fibra das primeiras cultivares lançadas, bem como o comprimento e a resistência ainda são inferiores às de fibra branca, em função de ser muito recente o processo de seleção para aumentar a produtividade e intensidade das cores. Entretanto, a Embrapa Algodão lançou recentemente a cultivar BRS Topázio, de cor marrom-clara, que possui rendimento e características de fibra semelhantes às do algodoeiro de fibra branca (Tabela 2).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio do Registro Nacional de Cultivares (RNC), que é o cadastro de cultivares habilitadas para a produção, comercialização e utilização de sementes e mudas em todo território nacional, disponibiliza uma relação de todas as cultivares de algodoeiro que foram liberadas para comercialização, desde a sua criação (Tabelas 2 e 3). Essas tabelas permitem uma apreciação cronológica do desenvolvimento de cultivares no Brasil, bem como das instituições envolvidas na sua obtenção.

Tabela 2. Características de algumas cultivares desenvolvidas pela Embrapa Algodão, para a região Nordeste.

Cultivar	Ano de lançamento	Dias para o 1º capulho	Peso do capulho (g)	Porcentagem de fibra	Comprimento de fibra (2,5% mm)	Uniformidade (%)	Finura (mic.)	Resistência (lb mg ⁻¹ ou gf tex ⁻¹)
'SU 0450-8909' ⁽¹⁾	1968	99	4,9	34,7	30,0	51,2	4,6	7,7*
'BR-1' ⁽¹⁾	1978	99	4,8	36,6	29,8	52,3	4,8	7,5*
'CNPA 2H'	1984	104	5,0	38,0	29,5	52,0	4,2	7,6*
'CNPA Precoce'	1985	80	5,0	40,3	29,5	53,5	3,8	7,3*
'CNPA 7H' ⁽¹⁾	1993	90	6,7	39,1	29,3	53,2	3,8	7,4*
'CNPA Precoce'	1994	80	6,2	43,2	29,8	52,8	3,9	6,7*
'CNPA Precoce'	1999	80	5,6	38,0	29,9	48,3	4,1	22,0*
'CNPA 8H' ⁽¹⁾	1999	92	6,5	38,7	28,1	50,4	4,5	24,2**
'BRS 201' ⁽¹⁾	2000	90	6,0	38,0	28,9	84,0	4,3	27,0**
'BRS Camaçari' ⁽¹⁾	2004	95	6,4	38,8	29,7	84,5	4,4	30,9**
'CNPA 4M' ⁽²⁾	1988	115	2,7	34,2	28,9	48,7	4,3	8,5*
'CNPA 6M' ⁽²⁾	1997	109	3,0	31,2	29,6	50,8	3,6	25,9**
'CNPA 7MH' ⁽²⁾	1997	91	5,9	36,4	30,5	54,8	4,2	27,0**
'BRS Acácia' ⁽³⁾	2003	93	7,0	36,0	33,5	87,7	4,2	35,8**
'BRS 200' ⁽⁴⁾	2000	104	4,1	35,9	28,0	83,0	3,7	24,3**
'BRS Verde' ⁽⁵⁾	2004	92	-	33,0	29,5	-	-	25,8**
'BRS Safira' ⁽⁵⁾	2004	-	-	36,6	24,0	80,1	3,9	24,2**
'BRS Rubi' ⁽⁵⁾	2005	-	-	35,6	25,4	81,0	3,7	24,5**
'BRS Araripe' ⁽¹⁾	2006	98	5,6	39,7	30,0	84,8	4,2	31,2**
'BRS Seridó' ⁽¹⁾	2006	96	6,6	37,7	32,0	86,3	4,5	31,1**
'BRS Topázio' ⁽¹⁾	2010	97	5,6	43,5	30,4	85,2	4,2	31,9**

⁽¹⁾ Algodão herbáceo de fibra média branca. ⁽²⁾ algodão arbóreo de fibra branca. ⁽³⁾ Algodão herbáceo de fibra longa branca. ⁽⁴⁾ Algodão arbóreo de fibra colorida. ⁽⁵⁾ Algodão herbáceo de fibra média colorida.

* lb mg⁻¹, ** gf tex⁻¹.

Tabela 3. Cultivares de algodoeiro inscritas no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Denominação	Data de registro	Mantenedor/obtentor
Algodoeiro de fibra branca		
'Acala 90'	30/09/1998	Agropem
'Agromen 2010'	30/09/1998	Agromen Sementes Agrícolas LTDA
'Fibermax 986'	28/08/2000	Bayer S.A.
'Sicala 40' ⁽¹⁾	28/08/2000	Bayer S.A.
'FiberMax977'	25/03/2002	Bayer S.A.
'FM 993'	10/01/2006	Bayer S.A.
'FM 910'	15/02/2007	Bayer S.A.
'CD 401' ⁽¹⁾	30/09/1998	Coodetec – IMAMT
'CD 402'	13/05/1999	Coodetec – IMAMT
'CD 403'	13/05/1999	Coodetec – IMAMT
'CD 404'	13/05/1999	Coodetec – IMAMT
'CD 405' ⁽¹⁾	23/08/2001	Coodetec – IMAMT
'CD 406' ⁽¹⁾	21/08/2002	Coodetec – IMAMT
'CD 407'	21/08/2002	Coodetec – IMAMT
'CD 408' ⁽¹⁾	20/08/2004	Coodetec – IMAMT
'CD 409' ⁽¹⁾	05/09/2005	Coodetec – IMAMT
'CD 410'	24/02/2005	Coodetec – IMAMT
'Delta Opal-breeder'	30/09/1998	Delta & Pine LAND
'DeltaOPAL' ⁽¹⁾	18/03/1999	D E PL Brasil LTDA
'DP 4049' ⁽¹⁾	12/11/2001	D E PL Brasil LTDA
'Delta Penta' ⁽¹⁾	11/07/2002	D E PL Brasil LTDA
'DP 660' ⁽¹⁾	28/11/2006	Delta & Pine LAND
'Sure-Grow 821' ⁽¹⁾	29/08/2001	D E PL Brasil LTDA
'Sure Grow 747'	10/10/2005	D E PL Brasil LTDA
'BRS 96' ⁽¹⁾	30/09/1998	Embrapa
'BRS Antares' ⁽¹⁾	30/09/1998	Embrapa
'CNPA 7H'	30/09/1998	Embrapa
'CNPA Ita 90'	30/09/1998	Embrapa
'CNPA Precoce 1'	30/09/1998	Embrapa
'CNPA Precoce 2'	30/09/1998	Embrapa
'CNPA/Ita 97'	30/09/1998	Embrapa
'ITA 91- 322'	30/09/1998	Embrapa
'CNPA Ita 92'	30/09/1998	Embrapa
'CNPA 5M'	30/09/1998	Embrapa
'Embrapa 112' (6M)	30/09/1998	Embrapa

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Denominação	Data de registro	Mantenedor/obtentor
'Embrapa 113' (7MH)	30/09/1998	Embrapa
'CNPA 3M'	18/03/1999	Embrapa
'BRS 197' ⁽¹⁾	13/07/2000	Embrapa
'BRS Facual' ⁽¹⁾	13/07/2000	Embrapa
'BRS 186'	28/08/2000	Embrapa
'BRS 187' ⁽¹⁾	28/08/2000	Embrapa
'BRS 201' ⁽¹⁾	28/08/2000	Embrapa
'BRS Cedro' ⁽¹⁾	11/04/2001	Embrapa
'BRS Aroeira' ⁽¹⁾	04/10/2001	Embrapa
'BRS Ipê' ⁽¹⁾	04/10/2001	Embrapa
'BRS Sucupira' ⁽¹⁾	04/10/2001	Embrapa
'BRS Itaúba' ⁽¹⁾	04/10/2001	Embrapa
'BRS Jatobá' ⁽¹⁾	17/09/2003	Embrapa
'BRS Acácia' ⁽¹⁾	20/11/2003	Embrapa
'BRS Araçá' ⁽¹⁾	16/06/2005	Embrapa
'BRS 269' ⁽¹⁾	23/12/2005	Embrapa
'BRS Peroba' ⁽¹⁾	15/12/2003	Embrapa
'BRS Camaçari' ⁽¹⁾	31/05/2006	Embrapa
'BRS Araripe' ⁽¹⁾	29/05/2007	Embrapa
'BRS 286' ⁽¹⁾	04/01/2008	Embrapa
'BRS 293' ⁽¹⁾	28/01/2009	Embrapa
'BRS Seridó' ⁽¹⁾	29/05/2007	Embrapa
'EPAMIG Precoce'	30/09/1998	Epamig
'EPAMIG Redenção'	30/09/1998	Epamig
'FMT 650'	11/04/2001	Fundação MT
'FMT 501'	05/01/2005	Fundação MT
'FMT 701'	05/01/2005	Fundação MT
'FMT 702'	05/01/2005	Fundação MT
'FMT 502'	15/02/2007	Fundação MT
'FMT 703'	15/02/2007	Fundação MT
'FMT 704'	15/02/2007	Fundação MT
'FMT 705'	22/09/2008	Fundação MT
'FMT 523'	22/09/2008	Fundação MT
'FMT 707'	22/09/2008	Fundação MT
'FMT 709'	27/02/2009	Fundação MT
'IAC 20'	30/09/1998	IAC
'IAC 21'	30/09/1998	IAC

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Denominação	Data de registro	Mantenedor/obtentor
'IAC 22'	30/09/1998	IAC
'IAC 23'	17/05/2001	IAC
'IAC 24'	30/01/2002	IAC
'IAC 25 RMD'	09/03/2007	IAC
'Iapar 45'	30/09/1998	Iapar
'Iapar 71'	30/09/1998	Iapar
'IPR 95'	28/09/2000	Iapar
'IPR 96'	28/09/2000	Iapar
'IPR 94'	13/10/2000	Iapar
'IPR 120'	31/08/2004	Iapar
'IPR 140'	27/09/2007	Iapar
'IPR Jataí'	19/09/2007	Iapar
'LD Frego ⁽¹⁾	06/12/2005	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'LDCV 05'	23/01/2007	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'LDCV 2'	06/12/2005	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'LDCV 03'	23/11/2007	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'LDCV 09'	23/11/2007	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'LDCV 10'	23/11/2007	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'LDCV 22'	23/11/2007	LD Melhoramento de Plantas LTDA
'ST474'	21/09/2001	Stoneville Pedigreed Seed CO.
'SS 9815 ⁽¹⁾	25/06/2001	Syngenta SeedsLTDA
'SS 9901 ⁽¹⁾	25/06/2001	Syngenta SeedsLTDA
'INTASP 41368 ⁽¹⁾	07/10/2005	Syngenta SeedsLTDA
'Pima S 5'	30/09/1998	SI
'Sicala 34'	30/09/1998	SI
'SM 3'	30/09/1998	SI
'Vered'	30/09/1998	SI
Algodoeiro transgênico de fibra branca		
'DP 90 B ⁽¹⁾	14/09/2005	D E PL Brasil LTDA
'DP 604 BG ⁽¹⁾	10/08/2007	D E PL Brasil LTDA
'Delta Opal RR ⁽¹⁾	19/01/2009	D E PL Brasil LTDA
'DP 434RR ⁽¹⁾	12/03/2009	D E PL Brasil LTDA
'DP 555BGRR ⁽¹⁾	13/01/2010	D E PL Brasil LTDA
'NuOPAL ⁽¹⁾	06/06/2006	D E PL Brasil LTDA
'Nuemerald RR ⁽¹⁾	16/01/2007	Delta & Pine LAND
'Nuopal RR ⁽¹⁾	13/01/2010	D E PL Brasil LTDA
'FM 966LL ⁽¹⁾	21/10/2008	Bayer S.A.

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Denominação	Data de registro	Mantenedor/obtentor
'IMACD 6001LL' ⁽¹⁾	21/12/2009	IMAMT
'PHY440W'	13/08/2009	Dow Agrosiences Industrial LTDA
Algodoeiro de fibra colorida		
'BRS 200' ⁽¹⁾	12/03/2001	Embrapa
'BRS Rubi' ⁽¹⁾	10/12/2004	Embrapa
'BRS Safira' ⁽¹⁾	10/12/2004	Embrapa
'BRS Verde' ⁽¹⁾	09/07/2004	Embrapa
'BRS Topázio'	19/07/2010	Embrapa

⁽¹⁾ Cultivares com direitos de proteção de propriedade intelectual assegurados, pelo registro no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Fonte: Registro Nacional de Cultivares – Mapa (2010)

REFERÊNCIAS

AUSTRALIA. Department of Health and Ageing. Office of the Gene Technology Regulator **The biology of *Gossypium hirsutum* L. and *Gossypium barbadense* L. (cotton)**. 2008. Disponível em: < [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/cotton-3/\\$FILE/biologycotton08.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/cotton-3/$FILE/biologycotton08.pdf).> Acesso em: 31 jan. 2013

BASU, A. K. Hibrid cotton sements and prospects. In: WOLD COTTON RESEARCH CONFERENCE, 1., 1994, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1994. p. 335-341.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B. da. Colheita do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de. (Ed.). **Algodão: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.155–164.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 547p.

BRUBAKER, C. L.; PATERSON, A. H. WENDEL, J. F. Comparative genetic mapping of allotetraploid cotton and its diploid progenitors. **Genome**, Toronto, n. 42, n.2, p. 184-203, 1999.

BOULANGER, J. Histórico da cultura algodoeira no Nordeste. **Pesquisa Agropecuária do Nordeste**, Recife, n.3, p.15-24, 1971.

CARVALHO, L. P. de. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. de M. e AZEVEDO, D. M. P. de. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.252-70.

CHIAVEGATO, E. J.; FUZZATO, M. G.; ABRAHÃO, J. T. M.; KONDO, J. I. Efeito do ambiente e de cultivares em componentes da produção e características tecnológicas da fibra e

do fio de algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p. 578 – 581.

CRISÓSTOMO, J. R. **Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (*G. hirsutum* L.) parcialmente autógama.** 1989. 191 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba.

CRISÓSTOMO, J. R.; FREIRE, E. C.; CAVALCANTI, F. B. Avaliação de linhagens versus variedades comerciais de algodão herbáceo no agreste e no sertão do Nordeste brasileiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. **Melhoramento genético do algodoeiro.** Campina Grande, 1983a. p.7-28. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de pesquisa, 13).

CRISÓSTOMO, J. R.; FREIRE, E. C.; MOREIRA, J. A. N.; VIEIRA, R. de M.; BARREIRO NETO, M.; SANTANA, J. C. F. de; SANTOS, E. O.; CARVALHO, L. P. de; COSTA, J. N. da; **Origem e características das variedades de algodoeiros arbóreo e herbáceo indicados atualmente para o Nordeste brasileiro.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1983b. 19p.

CRONN, R. C.; SMALL, R. L.; HASELKORN, T.; WENDEL, J. F. Rapid diversification of the cotton genus (*Gossypium*: Malvaceae) revealed by analysis of sixteen nuclear and chloroplast genes. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 89, n.4, p. 707-725, 2002.

DESSAW, D.; HAU, B. Inventory and history of the CIRAD cotton (*Gossypium* spp.) germplasm collection. Roma: Bioersity International, 2006. (IPGR Newslwtter; FAO Biodiversity. n.147). Disponível em: <http://www.bioersityinternational.org/Publications/PGRNewsletter/article.asp?lang=en&id_article=9&id_issue=147>. Acesso em: 20 jan. 2008

ENDRIZZI, J. E.; TURCOTTE, E. L.; KOHEL, R. J. Genetics, cytology, and evolution of *Gossypium*. **Advances in Genetics**, New York, v. 23, p. 271–375, 1985.

FARIAS, F. J. C.; BELTRÃO, N. E. de M. ; FREIRE, E. C. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.1, p. 361-370.

FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; BÉLOT, J. L. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 413-429.

FAO. **The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture.** Rome. 2010. 370p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e.pdf>>. Acesso em: 25 de out. 2011.

FEHR, W. R. Breeding. In: NORMAN, A. G. **Soybean physiology, agronomy and utilization.** New York: Academic Press, 1978. p.120-155.

FREIRE, E. C. **Variedades de algodão.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1978. 40p.

FREIRE, E. C. **Métodos de melhoramento disponíveis para o algodoeiro.** São Paulo: ESALQ/USP, 1983. 111p.

FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. 29p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 57).

FREIRE, E. C. **Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 28p. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 78).

FREIRE, E. C.; CARVALHO, L. P. Cultivares do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de. (Ed.). **Algodão: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 33-45.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; VIDAL NETO, F. das C.; PEDROSA, M. B.; SUINAGA, F. A.; COSTA, J. N. da; ANDRADE, F. P. de. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 299-323.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C. Melhoramento do algodoeiro no Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Abrapa, 2007, v. 1, p. 267-318.

FRYXELL, P. A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (Malvaceae). **Rheedea**. Calicut, v.2, p. 108-165, 1992.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTO, W. J dos. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 15-34.

GRIDI-PAPP, I. L. Genética e melhoramento do algodoeiro. In: KERR, W.W. **Melhoramento e genética**. São Paulo: USP, 1969. cap.4, p.75-93.

GRIDI-PAPP, I. L.; FUZATTO, M. G.; CAVALERI, P. A.; CIA, E.; SILVA, N. M. da; FERRAZ, C. A. M.; SCHIMIDT, W.; NEVES, O. S.; RODRIGUES FILHO, F. S. O.; CHIAVEGATO, E. J.; SABINO, N. P.; MARTINELLI, E. S.; LAZZARINI, J. F.; CORREA, F. A.; GROSSI, J. M. M. Melhoramento do algodoeiro no Estado de São Paulo: obtenção das variedades IAC RM3, IAC 16, IAC 17. **Bragantia**, Campinas, n. 43, n.2, p. 405-423, 1984.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1981. 468p.

HARLAND, G. C. **Trabajos de selección del algodón Peruvian-Tanguis**. Lima: Sociedade Nacional Agraria, Instituto de Genetica de Algodon, 1944. 101p. (Boletim, 1).

HEILMAN, M. D.; NAMKEN, L. N.; SUMMY, K. R. Sistemas de algodão de ciclo curto para áreas infestadas pelo bicudo. In: BARBOSA, S.; LUKEFHAR, J. M.; BRAGA SOBRINHO, R. (Ed.). **O bicudo do algodoeiro**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 253-274. (EMBRAPA-DDT. Documentos, 4).

HUTCHINSON, J. B. The application of genetics to plant breeding. **Genetics**, Princeton, v.40, n.1/2, p.274-282, 1940.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009**. Ithaca: ISAAA. 20049

(ISAAA. Briefs. n. 41). Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/>>. Acesso em: 30 abr. 2009.

JOSHI, A. B. Breeding methodology for autogamous crops. **Indian Journal Genetics Plant Breeding**, New Delli, v.39, n.3, p.567-578, 1979.

LEE, J. A. Cotton. In: FEHR, W. R. (Ed.). **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan 1987. p. 126-160.

LEE, J. A. Cotton as a world crop. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. (Ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p.1-16.

LEE, J. A. Cotton. In: FERH, W. R. (Ed.). **Principles of cultivar development**. New York: MacMillan, 1987. p. 126-160.

MANGUEIRA, O. B. Taxa de alogamia na cultura do algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* var. *marie galante* Hutch). **Pesquisa Agropecuária no Nordeste**, Recife. v. 3, p.5-13, 1971.

MAY, O. L. Breeding improvements – what does the future hold. In: ANNUAL ENGINEERED FIBER SELECTION SYSTEM CONFERENCE, 14., 2001, Greenville. **Proceedings...** Raleigh: Cotton Inc, 2001. p. 129-148. Disponível em: <<http://www.cottoninc.com/2001ConferencePresentations/BreedingImprovements/BreedingImprovements.pdf>>. Acesso em: 10 de julho de 2003.

MCCARTY, W. Farming with transgenics. In: BELTWISE COTTON RESEARCH CONFERENCES, 1997, New Orleans. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council, 1997. p.16-17.

MEREDITH, W. R.; BRIDGE, R. R. Breakup of linkage blocks in cotton, *Gossypium hirsutum* L. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 5, p. 695-689,1971.

MEREDITH, W. R. Inbreeding depression of selected F3 cotton progenies. **Crop Science**, Madison, v.19, n.1, p.86-88, 1979.

MEREDITH, W. R. J. Quantitative genetics. In: KOHEL, R. J. LEWIS, C. F. (Ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 131- 150.

MEYER, L.; MAC DONALD, S.; KYAWU, J. **Cotton and wool outlook**. Washington: USDA, 2009. Disponível em: <<http://cottonusa.files.cms-plus.com/economicData/CWS-04-10-2009.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

MOREIRA, J. de A. N.; SANTOS, R. F. dos. **Origem, crescimento e progresso da cotonicultura no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 169p.

MORESCO, E. R. **Taxa de cruzamento natural do algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso**. Piracicaba. 1999. 71 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba.

MILLER, P. A.; RAWLINGS, J. O. Breakup of initial linkage blocks through intermating in a cotton breeding populations. **Crop Science**, Madison, v.7, n. 3, p.199-204, 1967.

NATIONAL COMPANY OF FOOD SUPPLY. Brazilian Crop Assesment. **Grain crop 2008/2009**:

sixth estimate april/2009. Brasília, DF: 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/boletim_ingles_completo.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2009.

NEVES, P. da S. Evaluación de los métodos fitotécnicos utilizados en el mejoramiento del algodónero. In: REUNIÓN LATINO AMERICANA DE FITOTECNIA, 6., 1964, Lima. **Actas...** Lima: Asociación Latinoamericana de Fitotecnia, 1964. p. 168-173.

NILES, G.A.; FEASTER, C.V. Breeding. In: KOHER, R.J.; LEWIS, C.F. **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. cap. 7, p 202-229.

PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 650 p.

PENNA, J.C.V. Melhoramento do Algodão. In: BORÉM, A. (Ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 817p.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed). **Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed**. Viçosa, MG: UFV, 2005, p. 15-53.

PERCIVAL, A. E.; STEWART, J. M.; AND WENDEL, J. F. Taxonomy and germplasm resources. In: SMITH, C. W.; COTHREN, J. T. (Ed.). **Cotton: origin, history, technology and production**. New York: John Wiley, 1999. p. 33-62.

POEHLMAN, J. M. SLEPER, D. A. **Breeding field crops**. 4th ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 494p.

QUALIDADE é lei. In: BELING, R. R. (Ed.). **Anuário brasileiro do algodão: 2003**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2003. p. 54 - 55.

SAUNDERS, J. H. **The wild species of *Gossypium* and their evolutionary history**. London: Oxford University Press, 1961. 62 p.

REINHART, T. Quality performance in the international cotton market. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 2005. 1 CD-ROM.

SANCHEZ JUNIOR, J. L. B.; MALERBO-SOUZA, D. T. Frequência dos insetos na polinização e produção de algodão. **Acta Scientiarum**, Maringá: v. 26, n. 4, p. 461-465, 2004.

SANTOS, R. F. dos; KOURY, J.; SANTOS, J. W. O Agronegócio do algodão crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil. 2. ed**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.31-60.

SIMPSON, D. M.; DUNCAN, E. M. Effects of selecting within selfed lines on the yield and other characters of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, n. 45, n.7, p.275-278, 1953.

SMITH, C. W. Cotton (*Gossypium hirsutum*). In: SMITH, C. W. **Crop Production: evolution, history, and technology**. New York: John Wiley, 1995. p. 287-349.

UNCTAD. InfoComm. **Cotton: crop**. 2009. Disponível em: <<http://www.unctad.org/infocomm/anglais/cotton/crop.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

- VALDERRAMA, C. A. **A profile of the International Cotton Advisory Committee.** Disponível em: <<http://www.new-rules.org/storage/documents/ffd/valderrama.pdf>>. Acesso em: 1º fev. 2009.
- VELLASCO, E. **Método de seleção e melhoramento do algodoeiro.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1932. 13p.
- VERHALEN, L. M.; GREENHAGEN, B.E.; BANKS, J.C. **Choosing which cotton varieties to grow.** Stillwater: Oklahoma State University (Oklahoma Cooperative Extension Service. Current Report, 2119). Disponível em: <<http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2591/CR-2119web.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2005.
- VIDAL NETO, F. das C.; CARVALHO, L. P. de . Cerrado e semi-árido requerem cultivares diferenciadas. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 6, p. 32-34, 2006.
- WALLACE, T. P.; BOWMAN, D.; CAMPBELL, B. T. ; CHEE P. GUTIERREZ, O. A.; KOHEL, R. J.; MCCARTY, J.; MYERS, G.; PERCY, R.; ROBINSON, F.; SMITH, C. W.; STELLY, D. M.; STEWART, J. M.; THAXTON, P.; ULLOA, M.; WEAVER, D. B. Status of the USA cotton germplasm collection and crop vulnerability. **Genetic Resources Crop Evolution**, Dordrecht, v.56, n.4, p.507-532 2009.
- WENDEL, J. F.; CROWN, R. C. Polyploidy and the evolutionary history of cotton. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 78, p. 139-136, 2003.
- WILLIAMS, C.; MITCHELL, J.; SWINDLE, M.; ALBERS, D. Paymaster's picker type transgenic cotton. In: BELTWIDE COTTON RESEARCH CONFERENCE, 1997, New Orleans. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997. p.40-41.
- ZHANG, H-B; LI, Y.; WANG, B.; CHEE, P. W. Recent advances in cotton genomics. **International Journal of Plant Genomics**, Cairo, v. 2008, p. 1, 2008. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/GetArticle.aspx?doi=10.1155/2008/742304>>. Acesso em: mar. 2009.

