

ECOFISIOLOGIA E MANEJO DA CULTURA DO ALGODOEIRO

Ciro A. Rosolem¹

INTRODUÇÃO

Durante a maior parte do ciclo da planta de algodão há diversos eventos ocorrendo ao mesmo tempo, como crescimento vegetativo, aparecimento de gemas reprodutivas, florescimento, crescimento e maturação de frutos (Figura 1).

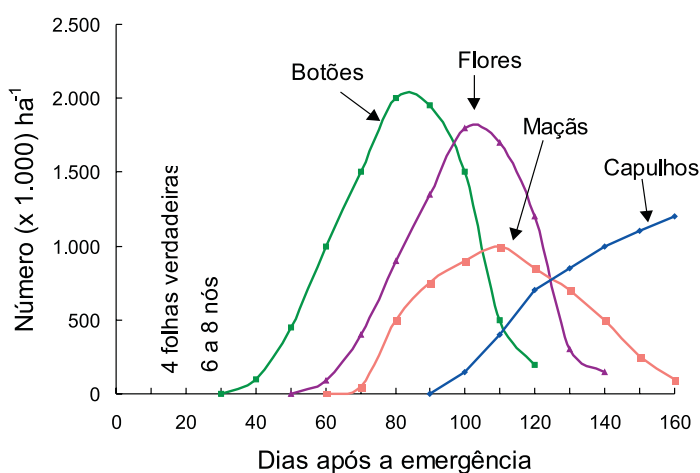


Figura 1. Esquema mostrando o ciclo de crescimento do algodoeiro.

Cada um destes eventos é importante para a produção final, mas é necessário que eles ocorram de modo balanceado. Durante boa parte do ciclo da planta ocorre uma forte competição interna pelos carboidratos da fotossíntese. Assim, se houver uma queda excessiva de estruturas reprodutivas, haverá crescimento vegetativo exagerado, aumentando o auto-sombreamento que, por sua vez, causará maior queda de estruturas reprodutivas.

A temperatura influencia fortemente o crescimento da planta, tendo sido determinada a exigência em temperatura para cada fase do crescimento do algodoeiro (OOSTERHUIS, 1992). Na Tabela 1 encontram-se essas temperaturas, determinadas para variedades cultivadas nos Estados Unidos e no Brasil.

Apesar de alguns eventos ocorrerem concomitantemente, no presente trabalho dividiu-se o ciclo do algodoeiro em fases de crescimento, analisando-se os principais processos que ocorrem em cada um deles. Assim, serão analisadas as seguintes fases:

- Semeadura à emergência;
- Emergência ao aparecimento do primeiro botão floral;
- Aparecimento do primeiro botão floral ao aparecimento da primeira flor;
- Aparecimento da primeira flor ao primeiro capulho;
- Abertura do primeiro capulho à colheita.

Tabela 1. Número médio de dias e unidades de calor (UC) que o algodão necessita durante seu crescimento, em vários estádios. Dados obtidos na safra 98/99 na região de Rondonópolis, média das variedades ITA 90 e Antares.

Estádio de crescimento	Número de dias		Unidades de calor ⁽¹⁾	
	MT	Literatura	MT	Literatura
Semeadura à emergência		4-9		50-60
Emergência ao primeiro botão	33	27-38	358	425-475
Primeiro botão à primeira flor	21	20-25	271	300-350
Emergência à primeira flor	54	47-63	629	725-825
Primeira flor ao primeiro capulho	54	45-66	658	850
Emergência ao primeiro capulho	109	125-161	1.287	1.575-1.675
Entrenós				
Na haste principal		2-3		40-60
Nos ramos		5-6		80-120

¹ UC - Unidades de Calor acumuladas, calculada por: $UC = \sum [(T + t)/2 - 15]$, onde: T = temperatura máxima diária; t = temperatura mínima diária; 15 = temperatura base (°C).

SEMEADURA À EMERGÊNCIA

Objetivo: O bom estabelecimento da cultura é a chave para o sucesso da lavoura. Em termos de manejo, nesta fase o objetivo será estabelecer um estande adequado no mínimo tempo possível.

A velocidade de emergência depende fundamentalmente da temperatura (WANJURA & BUXTON, 1972a, 1972b). Em condições normais, ela deve ocorrer entre 5 e 10 dias.

Nesta fase é possível analisar a reação da planta ao ambiente separando-se o processo em diferentes eventos.

O primeiro evento, assim que a semente é colocada no solo, é o da embebição. Ao contrário do que se pode pensar à primeira vista, se o solo não estiver muito seco, a temperatura tem maior efeito na velocidade de embebição da semente do que a própria água, como pode ser observado na Figura 2, onde, a 37,8 °C, a semente chegaria a 60% de umidade em aproximadamente 8 horas, enquanto a 15,5 °C a mesma umidade somente seria atingida em aproximadamente 28 horas. Considerando-se que sempre haverá sementes com menor vigor no lote, as sementes mais vigorosas conseguirão superar este estresse com maior facilidade que as sementes com menor vigor. Assim, no campo, o sintoma de problemas com baixas temperaturas será a desuniformidade do estande, não desejável.

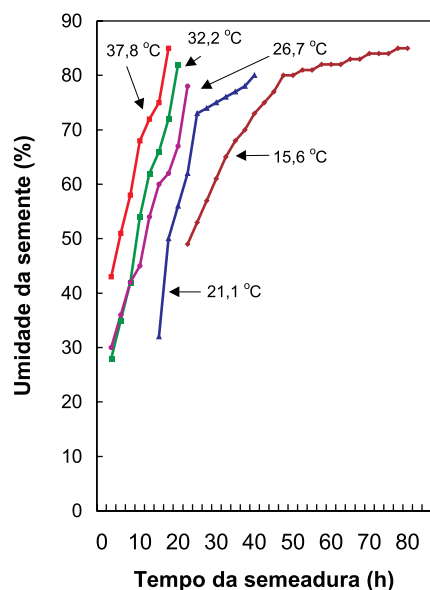


Figura 2. Embebição de sementes de algodão em função do tempo de semeadura e temperatura.

Em seguida ocorre a emissão da radícula, que por sua vez também é bastante dependente da temperatura (Figura 3). Independentemente da umidade do solo, o tempo para emissão da radícula diminui significativamente com o aumento da temperatura, com o tempo mínimo ocorrendo a temperaturas médias da ordem de 32 °C. É importante notar que, mesmo com umidade do solo da ordem de - 10,0 bar, bem seco, há emissão de radícula. Por outro lado, temperaturas menores que 20 °C elevam o tempo para emissão da radícula em mais de 40 horas, que somadas às 28 horas necessárias para a embebição totalizam 68 horas, ou quase três dias. A temperaturas ótimas, os mesmos eventos ocorreriam em aproximadamente 24 horas, ou apenas um dia.

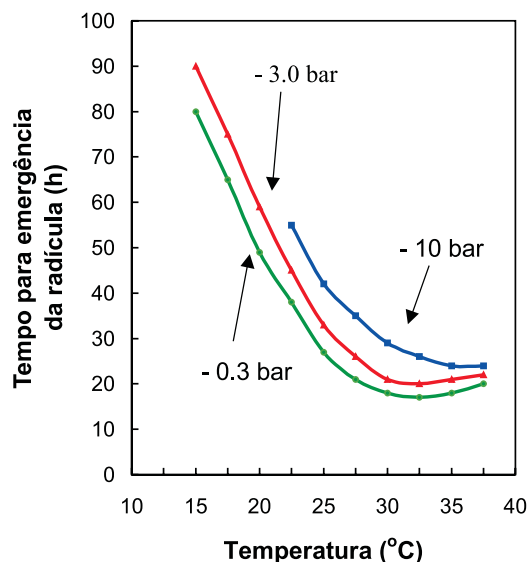


Figura 3. Emissão da radícula de algodoeiro em função da temperatura e da umidade do solo.

Depois ocorre o crescimento do hipocótilo. Como pode ser visto na Figura 4, o crescimento do hipocótilo é também dependente da temperatura, mas sofre influência muito grande da umidade do solo. Assim, se o solo estiver com umidade de - 10,0 bar, que não foi suficiente para inibir completamente os eventos anteriores, e se a semeadura tiver sido realizada a 5 cm de profundidade, não haverá emergência. Da mesma forma, independentemente da umidade do solo, se a temperatura média for menor que 21 °C ou maior que 34 °C não haverá emergência da planta. Novamente neste caso, sementes mais vigorosas conseguirão se sobrepor ao estresse (dependendo do rigor do estresse), e o estande será muito desuniforme.

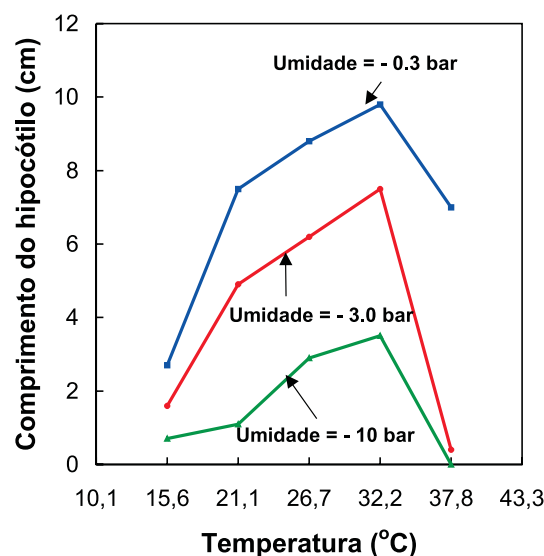


Figura 4. Comprimento do hipocótilo do algodoeiro em função da umidade do solo e da temperatura.

Providências: Utilizar sementes de boa qualidade, semear na época adequada, com temperatura e umidade adequadas, com as sementes colocadas em profundidade uniforme por máquinas bem reguladas.

EMERGÊNCIA AO PRIMEIRO BOTÃO FLORAL

Objetivo: Estabelecer um bom sistema radicular e plantas vigorosas.

Dependendo da temperatura, esta fase pode demorar de 27 a 38 dias (BAKER & LANDIVAR, 1991). Nesta fase, o crescimento da parte aérea é relativamente lento, mas há vigoroso crescimento do sistema radicular.

O crescimento de plântulas de algodão durante as duas primeiras semanas após a emergência não é muito sensível à mudança na temperatura. Entretanto, a partir da 3ª semana a planta fica muito sensível a variações de temperatura, com crescimento ótimo em temperaturas diurnas de 30 °C e noturnas de 22 °C (REDDY et al., 1992a).

A raiz pivotante penetra o solo rapidamente, podendo atingir profundidade de 25 cm ou mais por ocasião da abertura dos cotilédones. Durante esta fase, a raiz deve crescer de 1,2 a 5 cm por dia, se não houver impedimento. Quando a parte aérea tiver aproximadamente 35 cm de altura, a raiz deverá estar a 90 cm de profundidade (McMICHAEL, 1990). Numerosas raízes laterais aparecem, formando um tapete que se encontra no meio das linhas, mas são relativamente superficiais. O comprimento total das raízes continua a aumentar até que a planta atinja a sua máxima altura e os frutos comecem a se formar. A partir deste ponto, o comprimento total do sistema radicular entra em declínio. A relação parte aérea/raiz, que é de 0,35 aos 12 dias após a semeadura, cai para 0,15 aos 80 dias (McMICHAEL, 1990).

Nesta fase desenvolvem-se nós e internós, podendo haver início de crescimento de um ou mais ramos vegetativos. O algodoeiro possui dois tipos de ramos: reprodutivos e vegetativos. Em cada nó se desenvolve um ramo reprodutivo. Por outro lado, não é desejável o desenvolvimento de muitos ramos vegetativos.

Os primeiros 4 a 5 nós da haste principal são vegetativos e suas folhas têm duração curta. O primeiro botão floral deve aparecer entre o quinto e o sexto nó.

Providências: Semeadura na época correta, uniformidade na profundidade de semeadura, bom programa de correção e fertilização do solo e ausência de camadas compactadas.

PRIMEIRO BOTÃO À PRIMEIRA FLOR

Objetivo: Obter uma planta com maior número possível de nós, providenciando espaço para que haja florescimento e produção.

Nesta fase acentuam-se o crescimento em altura e a acumulação de matéria seca pela planta, que entra na fase linear de crescimento. A duração desta fase é também regulada pela temperatura, durando usualmente de 25 a 35 dias (BAKER & LANDIVAR, 1991).

Em temperaturas médias de 22 a 25 °C, as plantas iniciam a produção de um novo ramo simpodial (frutífero) na haste principal a cada 3 dias (BAKER & LANDIVAR, 1991; HODGES et al., 1993). Por ocasião do aparecimento da primeira flor, as plantas devem ter desenvolvido entre 14 e 16 nós, na haste principal, acima do nó

cotiledonar. Embora haja alguma variação em função da posição na planta, além da temperatura, pode-se estimar que a cada três dias deva aparecer um botão floral em ramos sucessivos, e a cada seis dias deva aparecer um botão floral no mesmo ramo (KERBY & KEELEY, 1987).

Nesta fase, o crescimento vegetativo é fundamental para gerar um grande número de posições frutíferas. Por ocasião do aparecimento da primeira flor (branca), uma planta com bom potencial de produção deve ter 9-10 nós acima desta flor (KERBY & HAKE, 1993).

Com relação à exigência em água, nesta fase ela passa de menos de 1 mm por dia para quase 4 mm por dia. A falta de água neste período fará com que a planta fique menor do que deveria, com menos posições para o desenvolvimento de flores e maçãs. Uma seca nesta fase faz com a planta estacione seu crescimento. Se a seca não for muito severa, poderá haver recuperação do crescimento.

Providências: As mesmas das fases anteriores, além de bom acompanhamento do crescimento e bom controle de pragas iniciais.

PRIMEIRA FLOR AO PRIMEIRO CAPULHO

Objetivo: Fixação do maior número possível de maçãs.

Nesta fase estão ocorrendo diversos eventos, com grande intensidade, na planta. A competição entre crescimento vegetativo e reprodutivo se acentua, exigindo maior atenção. As plantas continuam a crescer linearmente. É atingida a altura máxima, assim como a máxima interseção de luz (fechamento da copa).

A vida média de uma folha é de 65 dias, mas o pico de fotossíntese ocorre aproximadamente 20 dias após a abertura da folha. A máxima fotossíntese da folha ocorre quando o fruto está no início de seu desenvolvimento, o que pode limitar o fluxo de carboidratos para o fruto, principalmente quando existe mais de um fruto por ramo. Isso explica porque sempre os frutos de primeira posição no ramo são mais desenvolvidos que os demais.

A exigência em água passa de 4 a mais de 8 mm por dia, acompanhando o desenvolvimento da área foliar. Embora o algodoeiro seja conhecido por ter certa resistência à seca, maior que a dos cereais, por exemplo, isso não significa que não necessite de água. Para a obtenção de altas produtividades é necessária uma quantidade de água da ordem de 700 mm durante o ciclo da cultura (GRIMES & EL-ZIK, 1990). O problema é que, em boa parte do Brasil onde se cultiva algodão, quanto mais água disponível, mais nuvens, e portanto menos luz disponível. Assim, em algumas regiões, a presença de chuvas fornecendo quantidade adequada de água não permite que a cultura receba a insolação necessária para altas produtividades. Neste caso, a falta de luz é mais limitante que a própria disponibilidade de água.

Queda de estruturas reprodutivas

A queda ou abscisão de botões florais e de maçãs jovens é um fenômeno natural no algodão, que é acentuado pela ocorrência de condições adversas como tempo nublado, temperaturas muito altas ou baixas, deficiência de nutrientes e crescimento vegetativo muito intenso. A queda de até 60% das estruturas é considerada

normal (OOSTERHUIS, 1992). No Brasil, a variedade Coodetec 401 apresenta uma média de queda de estruturas de 57% (GONDIN, 1998, comunicação particular).

A queda é regulada pelo balanço entre açúcares no tecido e teor de etileno. Desta forma, qualquer fator que determine uma queda na fotossíntese, ou um aumento no gasto metabólico, resultará em queda de estruturas reprodutivas, como, por exemplo, auto-sombreamento por crescimento excessivo, muitos dias nublados, temperaturas altas, etc.

Tendo em vista que o algodão é uma planta tipo C₃, com elevada taxa de fotorrespiração (cerca de 38% da fotossíntese) e alto ponto de compensação de CO₂, a planta é particularmente sensível à falta de luminosidade. Na Tabela 2 pode-se ver que o sombreamento causa reduções importantes na fotossíntese das folhas, individualmente.

Tabela 2. Taxas de fotossíntese líquida de folhas de algodão herbáceo pré-condicionadas a vários regimes de luz (MURAMOTO et al., 1967).

Condição da folha antes da medição*	Fotossíntese mg CO ₂ .dm ⁻² .h
Sombreada	27
Pouco sombreada, recebendo réstias de luz	37
Densamente sombreada**	13
Completamente iluminada às 9:00 horas da manhã	46

* Todas as folhas foram expostas diretamente ao sol no momento das medições.

** Folhas submetidas a forte sombreamento artificial.

Por outro lado, o crescimento excessivo da planta causa maior auto-sombreamento, dificultando a penetração da luz na copa da planta, também com prejuízos na produtividade. Normalmente se aceita que a altura máxima da planta não deve ultrapassar 1,5 vezes o espaçamento da cultura, para que o auto-sombreamento não seja excessivo.

A resposta do algodão a altas temperaturas, em relação à retenção de frutos, encontra-se na Figura 5. Nota-se que a resposta da planta em termos de produção de pontos floríferos, ou nós, é linear com o aumento da temperatura até 40/32 °C. Entretanto, em temperaturas acima de 35/27 °C, a porcentagem de abscisão aumenta muito, chegando a 100% das flores produzidas. Assim, altas temperaturas tendem a desbalancear o equilíbrio entre crescimento reprodutivo e crescimento vegetativo da planta, em favor do desenvolvimento vegetativo. Plantas muito vigorosas, com rápido crescimento, podem significar plantas com pouca produção. No caso da Figura 5, as plantas permaneceram 12 horas nas temperaturas indicadas, o que não corresponde à realidade de campo.

Assim, REDDY et al. (1992b) testaram o efeito de temperaturas de 40 °C em plantas de algodão expostas por 2, 4, 6 e 12 horas. Os autores notaram que as plantas toleraram 40 °C por até 6 horas, com pequena influência no pegamento das flores, quando tinham menos que 10 maçãs. Plantas com mais de 10 maçãs apresentaram menores taxas de retenção com menos tempo de exposição a altas temperaturas. Isso ocorre em função do fornecimento de carboidratos às estruturas em formação, que varia conforme a temperatura. Em temperaturas acima de 30 °C a fotossíntese começa a diminuir, en-

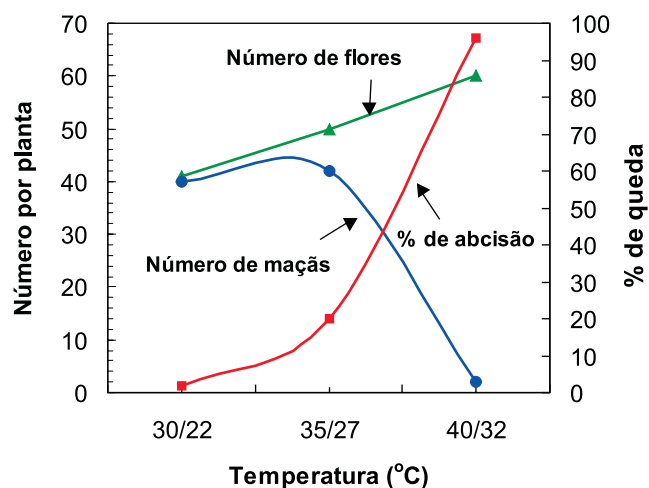


Figura 5. Efeito da temperatura na fixação de frutos do algodoeiro.

quanto a fotorrespiração continua a aumentar, tendo como consequência uma importante diminuição na fotossíntese líquida, ou seja, nos carboidratos disponíveis para o crescimento.

Nesta fase, da primeira flor à abertura do primeiro capulho, algumas maçãs já estão em fase de maturação. Portanto, na segunda metade desta fase, a ocorrência de qualquer estresse que diminua a fotossíntese, como temperaturas muito altas ou baixas, muitos dias nublados, seca, etc., além do prejuízo pela queda de estruturas, causará um prejuízo em função da ocorrência de maior porcentagem de fibras imaturas.

Providências: Maximizar o controle de pragas e doenças, com acompanhamento da queda de estruturas reprodutivas e do crescimento da planta em altura.

PRIMEIRO CAPULHO À COLHEITA

Objetivo: consolidar a produção, preparar uma colheita rápida e limpa.

A fase final da cultura começa com a abertura do primeiro capulho e termina com a aplicação de desfolhantes e/ou maturadores. Neste caso, essa fase dura de 4 a 6 semanas, dependendo da produtividade, do suprimento de água e de nutrientes, assim como da temperatura. A maturação das maçãs depende fundamentalmente da temperatura, como pode ser visto na Figura 6. A maior taxa de crescimento, ou seja, a temperatura em que as maçãs atingem a maturidade em menor tempo, encontra-se entre 21 e 26 °C. Para temperaturas médias de 30, 26 e 23 °C, o tempo para se obter maçãs maduras será, respectivamente, de 40, 50 e 60 dias. Por outro lado, temperaturas mais baixas favorecem a formação de maçãs mais pesadas (Figura 7).

Nesta fase, a carga pendente deve ser suficientemente alta para inibir o crescimento vegetativo, em função da competição que o grande número de maçãs em desenvolvimento deve oferecer. A atividade do sistema radicular está em declínio, assim como é diminuída a fotossíntese da copa da planta. Assim, nesta fase, o principal processo que ocorre na planta é a translocação.

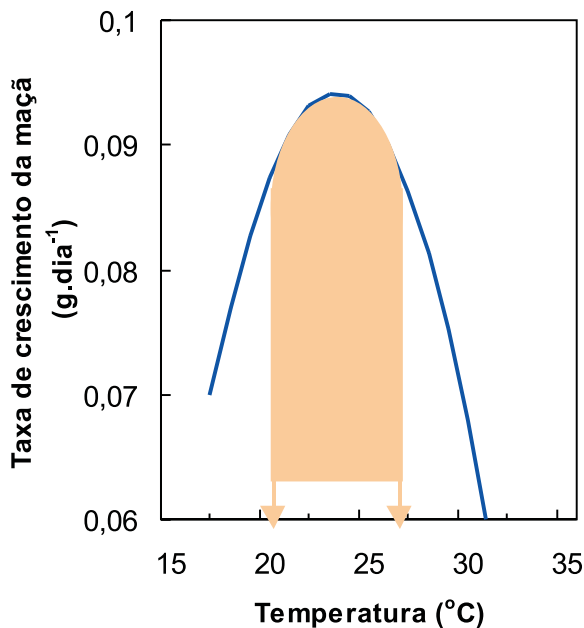


Figura 6. Taxa de crescimento da maçã de algodão em função da temperatura.

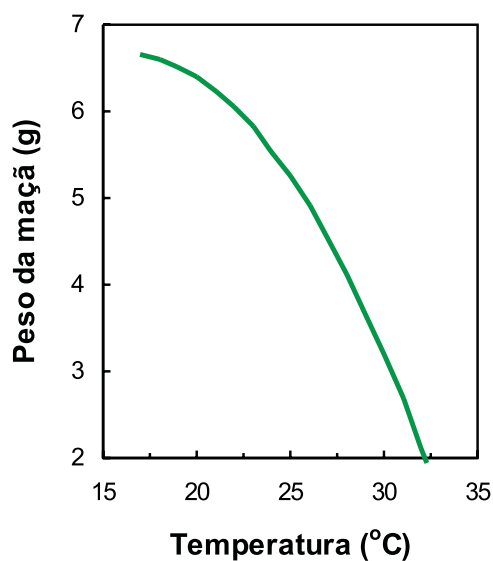


Figura 7. Peso final da maçã em função da temperatura média.

A ocorrência de um estresse nesta fase causará prejuízo na qualidade da fibra e não tanto na produtividade, a não ser que ocorra excesso de chuvas. Assim, baixas temperaturas poderão resultar em muitas fibras imaturas e má abertura dos capulhos.

Neste ponto do desenvolvimento da cultura a exigência em água cai rapidamente. Na verdade, quando da abertura dos capulhos seria desejável que não chovesse, para que fosse preservada a qualidade das fibras. Evidentemente, água em excesso nesta fase resultará em grandes prejuízos, principalmente se a cultura estiver muito enfolhada, pois o microclima muito úmido favorecerá o apodrecimento de capulhos e de maçãs da parte inferior da planta, justamente as mais desenvolvidas.

Providências: Acompanhamento da maturação das maçãs, aplicação de maturadores e/ou desfolhantes.

ESTRUTURA PRODUTIVA DO ALGODOEIRO E PRODUTIVIDADE

Nos últimos anos, a produtividade média de algodão no Brasil tem crescido, em função da utilização de cultivares mais produtivos e com maior rendimento de beneficiamento, mais o emprego de tecnologias avançadas. Entretanto, ainda há espaço para que se obtenha, nas condições brasileiras, produtividades médias acima das que se vem obtendo.

Na Figura 8 são comparadas as produtividades em algumas situações. Até 1995 as médias brasileiras eram da ordem de 1.200 a 1.300 kg.ha⁻¹. A partir de 1995, com o desenvolvimento da cultura em novas áreas, com nova tecnologia, a produtividade média brasileira aumentou significativamente, até em torno de 2.800 kg.ha⁻¹ na safra 2000/2001, segundo estimativa do IBGE. Bons agricultores, em regiões mais favoráveis do país, têm conseguido produtividades da ordem de 5.300 kg.ha⁻¹. Na Austrália, em locais mais adequados à obtenção de alta produtividade, a média encontra-se em torno de 4.000 kg.ha⁻¹. No campo, há notícias de se ter conseguido produtividade da ordem de 9.000 kg.ha⁻¹.

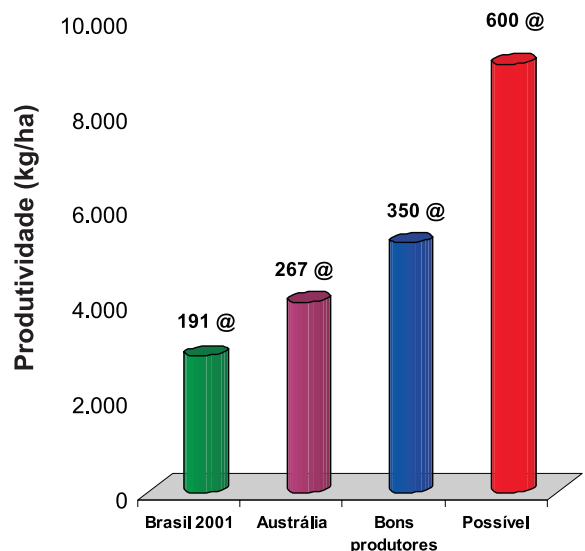


Figura 8. Produtividades de algodão obtidas em diversas situações.

Em vista das diferentes produtividades obtidas e do recente desenvolvimento da cultura em novas regiões no Brasil, algumas questões se colocam:

- O que limita a produtividade em cada situação?
- Até onde é possível chegar com as variedades e tecnologia atuais?
- Dentro de cada região brasileira, qual seria o potencial?

O algodoeiro é uma planta tida como relativamente ineficiente na conversão da energia incidente em produtividade (BELTRÃO & AZEVEDO, 1993), e aspectos fundamentais da fisiologia da planta são difíceis de serem modificados. Assim, há necessidade de um entendimento profundo do funcionamento da planta e, em função disso, desenvolver uma tecnologia de produção que permita o melhor aproveitamento possível da energia incidente e, ao mesmo tempo, reduza as perdas de produtividade.

O aproveitamento do maior número de flores, com uma boa distribuição dos frutos na planta, tem sido fundamental na obtenção de alta produtividade. No presente trabalho é feita uma análise da distribuição da produção dentro da planta de algodão, inferindo-se possíveis técnicas de manejo que possam aumentar a produtividade, com as variedades atuais e dentro das condições de clima prevalentes no Brasil.

DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO NA PLANTA

Com base em resultados de um experimento conduzido na safra 1999/2000, no município de Pederneiras, SP, com a variedade ITA 90, no espaçamento de 0,90 m entre linhas e 88.000 plantas.ha⁻¹, foram feitos cálculos e estimativas dos componentes da produção, apresentados nas figuras a seguir. A produtividade média do experimento foi de 5.405 kg.ha⁻¹, ou próximo de 360 @.ha⁻¹.

Com relação à retenção de frutos, os resultados não se distanciam dos observados em geral na literatura, mostrando 65% dos capulhos na posição 1, 28% na posição 2 e 7% na posição 3 ou maior. Entretanto, fica claro na Figura 9 que a distribuição dos frutos em relação à altura da planta foi diferente da que seria esperada, representada pela linha tracejada. Esperava-se maior produção nas posições mais baixas da planta. Assim, fica claro que, provavelmente, eventos climáticos, ou mesmo ataque de pragas e/ou doenças, não permitiram o desenvolvimento adequado da planta, diminuindo seu potencial produtivo.

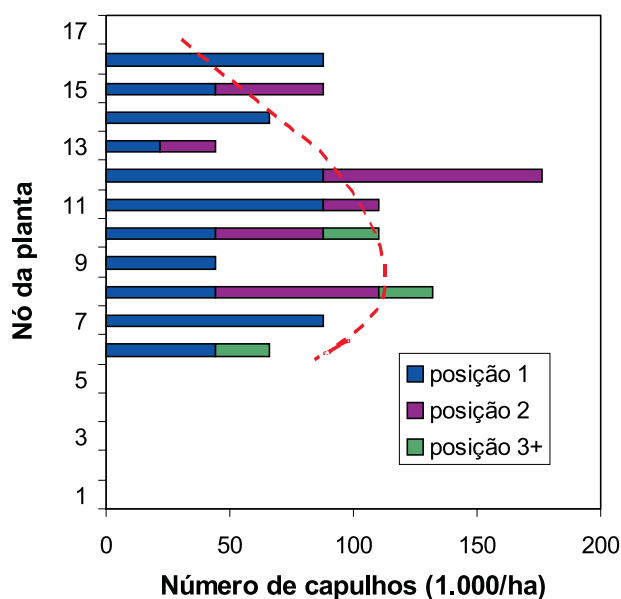


Figura 9. Número de capulhos por ramo da planta (linha tracejada = número esperado).

Foram particularmente prejudicadas as posições dos nós 8, 9, 10 e 13, que apresentaram menor número de capulhos na posição 1. Houve, sim, recuperação da planta, produzindo maior quantidade de algodão no ponteiro, mas este algodão será de menor rendimento no beneficiamento e de pior qualidade, além do aumento no ciclo da planta, que se observa nesta situação. O alongamento do ciclo, em paralelo ao aumento no custo de produção, faz com que parte da produção se desenvolva em época menos favorável, contribuindo para a obtenção de menor produtividade e pior qualidade do produto colhido.

Com relação ao peso individual do capulho, a Figura 10 mostra que não houve desvio do que seria esperado, ou seja, os frutos tiveram desenvolvimento normal.

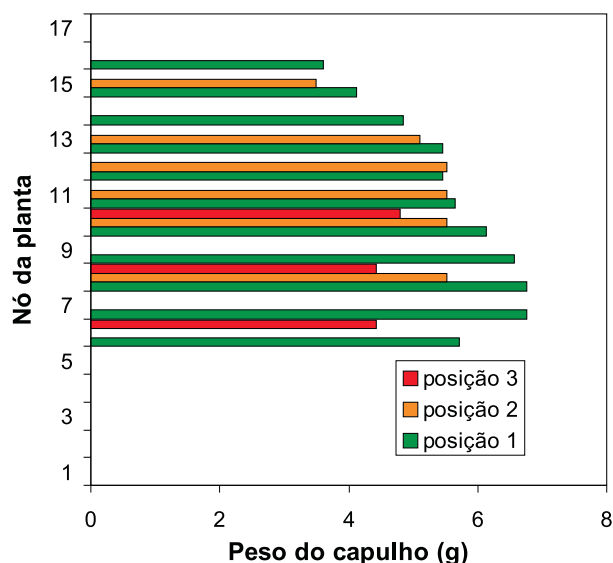


Figura 10. Peso médio de um capulho por posição na planta.

Considerando-se os resultados obtidos de amostragens feitas no terço médio e no terço superior das plantas, combinados com parâmetros obtidos na literatura, foi estimada a produção por posição na planta. Os parâmetros utilizados nos cálculos encontram-se na Tabela 3.

De modo geral, quanto mais alta a posição do capulho na planta e mais afastado da haste principal ele estiver, menor o peso médio e menor o rendimento no beneficiamento. Além disso, diminui a qualidade da fibra, que não foi considerada neste trabalho.

Pode-se afirmar que os problemas observados na fixação dos frutos acabaram por se refletir na produção de algodão em caroço, e mais acentuadamente na produção de fibra (Figura 11).

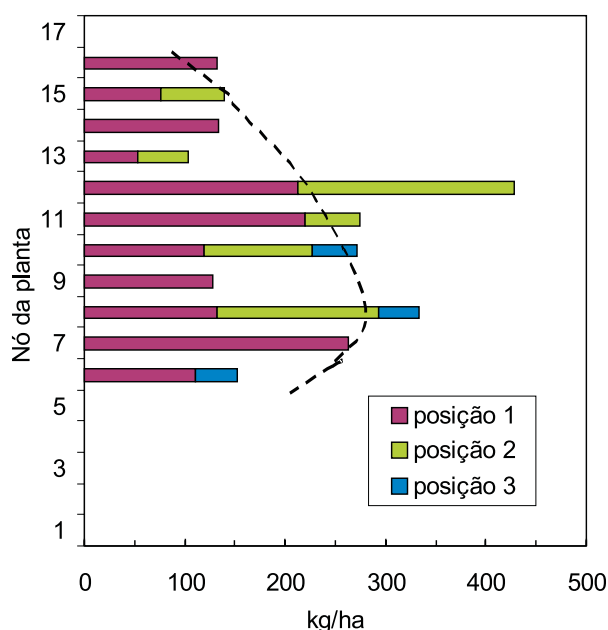


Figura 11. Produção de pluma de algodão em função da posição do fruto na planta.

Tabela 3. Componentes da produção considerados na estimativa da produção de algodão (valores obtidos em experimento conduzido em 99/00 em São Paulo, adaptados de acordo com valores obtidos na literatura).

Nó nº	Peso do capulho (g)			Rendimento (%)		
	1ª posição	2ª posição	3ª posição	1ª posição	2ª posição	3ª posição
6	5,7	5,5	4,7	0,44	0,44	0,42
7	6,8	5,5	4,4	0,44	0,44	0,42
8	6,8	5,5	4,4	0,44	0,44	0,42
9	6,2	5,5	4,4	0,44	0,44	0,42
10	6,2	5,5	4,4	0,44	0,44	0,42
11	5,7	5,5		0,44	0,44	
12	5,5	5,5		0,44	0,44	
13	5,5	5,1		0,44	0,44	
14	4,8	5,1		0,42	0,42	
15	4,1	3,5		0,42	0,42	
16	3,6	3,5		0,42	0,42	

KERBY et al. (1987) observaram, em algodão com produtividade de 3.630 kg.ha⁻¹, que 66% da produção estavam na 1ª posição, 28% na segunda e 6% na terceira posição, a partir da haste principal.

No Brasil, para a variedade Coodetec 401, produzindo 3.580 kg.ha⁻¹, 73% da produção encontravam-se na 1ª posição, 24% na 2ª e apenas 3% na terceira posição. No caso presente, 67% da produção, e do valor da produção, encontravam-se na primeira posição, 28% na segunda e 5% na terceira ou maior, mesmo com produtividade bem superior (5.405 kg.ha⁻¹) às dos casos anteriores (Tabela 4).

Assim, infere-se que esta estrutura de produção se mantém relativamente constante, mantendo certa independência da produtividade. Ela seria muito modificada em função da população de plantas (KERBY & HAKE, 1993), que não está sendo considerada neste trabalho.

Na Tabela 4 nota-se ainda que os valores relativos ao primeiro e ao último ramo reprodutivo são menores em relação aos

demais. Isso ocorre nos ponteiros em função do menor tamanho dos capulhos e do menor rendimento de benefício em função do menor grau de maturidade da fibra nestas posições.

QUANTO SERIA POSSÍVEL PRODUZIR?

Considerando-se que a distribuição da produção não foi adequada no exemplo discutido, é possível se fazer algumas simulações, admitindo-se que tais desvios não tivessem ocorrido.

Tomando-se os resultados do experimento (Figura 12), com 11 nós reprodutivos, com produtividade de 360 @.ha⁻¹, e admitindo-se melhor distribuição dos capulhos na planta, tem-se as seguintes situações:

- Planta com capulhos apenas na primeira posição, com 11 nós reprodutivos (Figura 13): a produtividade seria de 5.124 kg.ha⁻¹ (342 @.ha⁻¹).

Tabela 4. Produção de fibra e valor da produção de algodão estratificados na planta, variedade ITA 90, em Pederneiras, SP, com produtividade de 360 @.ha⁻¹, em espaçamento de 0,90 m e população de 88.000 plantas.ha⁻¹ (Preço de US\$ 0,50.lb⁻¹).

Nó	Produção de fibra			Valor da produção		
	1ª posição	2ª posição	3ª posição	1ª posição	2ª posição	3ª posição
	----- kg.ha ⁻¹ -----			----- US\$.ha ⁻¹ -----		
6	111		41	122		45
7	263			290		
8	131	162		145	178	
9	128		41	141		45
10	120	108		132	118	
11	220	54	44	242	59	48
12	213	215		234	237	
13	53	50		59	55	
14	133			147		
15	76	64		83	71	
16	132			146		
Total	1.582	654	128	1.739	718	138
%	67	28	5	67	28	5

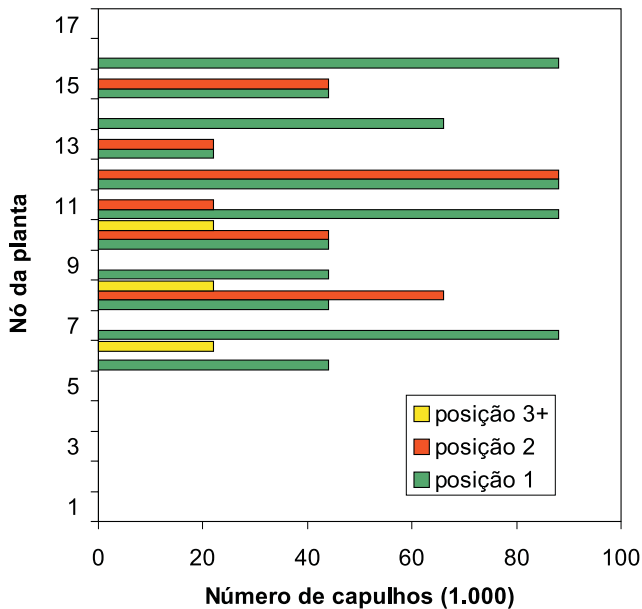


Figura 12. Produção de algodão em caroço, por posição na planta, obtida em Pederneiras, SP.

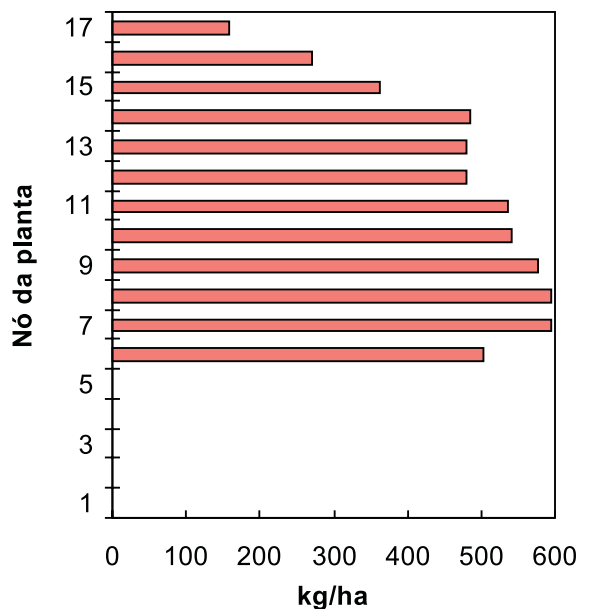


Figura 14. Produção estimada de algodão em 12 nós, primeira posição.

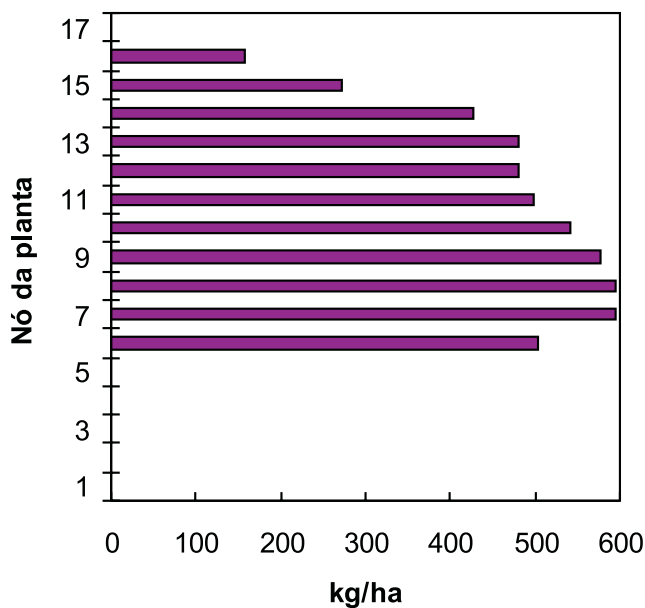


Figura 13. Produção de algodão estimada, considerando-se a produção de 11 nós, primeira posição.

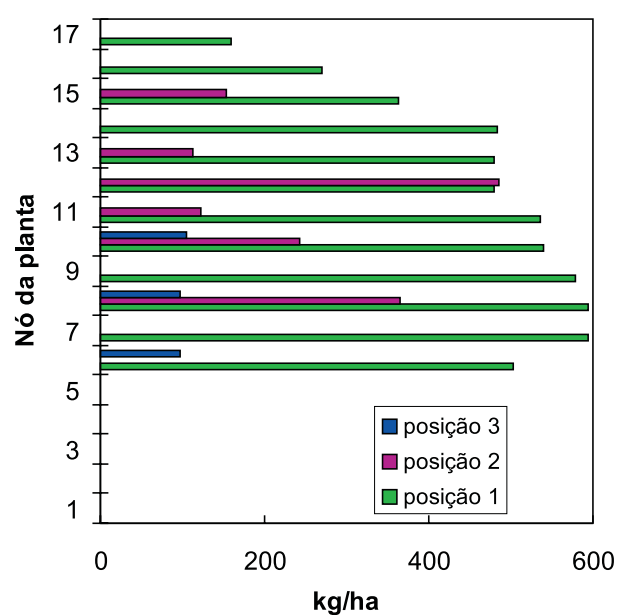


Figura 15. Produção estimada de algodão, em 12 nós, da primeira à terceira posições.

- Planta com capulhos apenas na primeira posição, com 12 nós reprodutivos (Figura 14): a produtividade seria de $5.583 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($372 @ \cdot \text{ha}^{-1}$).
- Planta com capulhos na primeira posição, como as anteriores, mais os capulhos de segunda e terceira posições observados no experimento (Figura 15): a produtividade seria de $7.365 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($491 @ \cdot \text{ha}^{-1}$).

Deste exercício algumas inferências podem ser feitas:

- Com a tecnologia e variedades atuais, é possível se obter produtividades da ordem de $7.500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($500 @ \cdot \text{ha}^{-1}$) desde que condições de clima e/ou pragas e doenças não provoquem “vazios” na planta, com posições sem produção.

- Para produtividades desta ordem é fundamental a participação da posição 2, e mesmo da 3, uma vez que, para que toda a produção viesse da posição 1, seria necessário uma planta muito alta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda resta a grande questão: Como fazer?

É muito claro, na literatura e no exercício feito, que a produtividade é uma função direta do número de capulhos produzidos. O aumento no tamanho do capulho produziria aumento marginal na produtividade. Como aumentar o número de capulhos por hectare?

Existe uma relação direta entre o número de capulhos produzidos por área e a densidade populacional, até populações da ordem de 140.000 plantas.ha⁻¹ (KERBY & HAKE, 1993), no Estado da Califórnia. Entretanto, é necessário observar que naquelas condições não há chuvas e a umidade relativa do ar é muito baixa.

No Brasil, principalmente em áreas mais úmidas, esta não seria uma solução, uma vez que maiores populações implicariam em menor circulação de ar e maior umidade dentro da cultura, provocando maiores perdas por podridão de maçãs.

Plantas mais altas poderiam produzir mais maçãs, mas o auto-sombreamento seria um problema, uma vez que foi demonstrado que a altura da planta não deve ultrapassar em muito 1,5 vez o espaçamento (LAMAS, 1997).

Assim, na maioria das regiões produtoras de algodão no Brasil, alta produtividade implica em se produzir capulhos não só na primeira posição, mas também na segunda e talvez terceira posições. Considerando-se as limitações fisiológicas da planta (BELTRÃO & AZEVEDO, 1993), algumas hipóteses/recomendações podem ser sugeridas para a obtenção de produtividade da ordem de 7.500 kg.ha⁻¹:

- **Eliminação de limitações** do ponto de vista químico e físico do solo e de controle fitossanitário;
- **Semeadura na época correta**, procurando adequar as épocas de maior exigência da planta em água ao regime hídrico da região;
- **Emprego de sementes de alta qualidade e vigor**, com bom tratamento contra insetos e fungos, distribuídas por máquinas de boa qualidade;
- **Irrigação**, em regiões com histórico de veranico e regiões mais secas;
- **Espaçamento e população**. Com menores populações é diminuída a participação da primeira posição na produção, e se consegue melhores condições de trocas do ambiente na cultura com o ambiente exterior. Assim, a população deverá ser ajustada às condições de pluviosidade e umidade relativa da região, procurando-se diminuir as perdas por podridão de maçãs. Conseqüentemente, cada região terá um potencial de produtividade diferente;
- **Altura da planta**. Plantas com maior número de nós poderia ser uma solução, mas, com as variedades atuais, isso significaria maior altura, o que não é desejável. O regulador, além de diminuir a altura das plantas, diminui também o número de nós;
- **Uniformidade da cultura**. Tem sido muito comum a distribuição irregular de sementes e/ou sementes colocadas a profundidades diferentes, o que implica em plantas de diferentes tamanhos na mesma linha, causando competição e perda de produtividade. Além disso, tem ocorrido desuniformidade na aplicação de corretivos e, principalmente, na aplicação de N, estabelecendo-se regiões com falta e regiões com excesso do nutriente, no mesmo talhão.

LITERATURA CITADA

- BAKER, D.N.; LANDIVAR, J.A. Simulation of plant development in GOSSYPIMUM. In: HODGES, H.F. (ed.). **Cotton Physiology**. Memphis: The Cotton Foundation, 1991. p.245-257.
- BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P. **Defasagem entre as produções real e potencial do algodoeiro herbáceo: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais**. Campina Grande: EMBRAPA, 1993. 108p.
- GRIMES, D.W.; EL-ZIK, K.M. Cotton. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of Agricultural Crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.741-773.
- HODGES, H.F.; REDDY, K.R.; MCKINION, J.M.; REDDY, V.R. **Temperature effects on cotton**. Memphis: Mississippi State University, 1993. (Bull. 990, Mississippi Agric. Exp. Sta.)
- KERBY, T.A.; HAKE, K. Monitoring cotton's growth. In: KERBY, T.A.; HAKE, K.; HAKE, S. (eds.). **Cotton Production**. Oakland: ANR Publications, 1993.
- KERBY, T.A.; KEELEY, M. **Growth and development of acala cotton**. Berkeley: University of California. 1987. (Bull. 1921, Agric. Exp. Sta., University of California)
- LAMAS, F.M. Cloreto de Mepiquat, Thidiazuron e Ethephon aplicados no algodoeiro. Jaboticabal, 1997. 192p. Tese (Doutorado) - UNESP.
- McMICHAEL, B.L. Root-shoot relationships in cotton. In: BOX JR., J.D.; HAMMOND, L.C. (ed.). **Rhizosphere Dynamics**. Boulder: Westview Press, 1990. p.232-249.
- MURAMOTO, H.; HESKETH, J.D.; ELMORE, C.D. Leaf growth, leaf aging and leaf photosynthetic rates of cotton plants. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE, Dallas, 1967. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1967. p.161-165.
- OOSTERHUIS, D.M. **Growth and development of a cotton plant**. Fayetteville: University of Arkansas, Arkansas Cooperative Extension Service, 1992. 24p. (MP332-4M-9-92R)
- REDDY, K.R.; HODGES, H.F.; REDDY, V.R. Temperature effects on cotton fruit retention. **Agronomy Journal**, v.84, p.26-30, 1992a.
- REDDY, K.R.; HODGES, H.F.; MCKINION, J.M.; WALL, G.W. Temperature effects on Pima cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.237-243, 1992b.
- WANJURA, D.F.; BUXTON, D.R. Hypocotyl and radicle elongation of cotton as affected by soil environment. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.431-434, 1972a.
- WANJURA, D.F.; BUXTON, D.R. Water uptake and radicle emergence of cottonseed as affected by soil moisture and temperature. **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.427-430, 1972b.