**ESPAÇAMENTOS ULTRA-ADENSADO, ADENSADO E
CONVENCIONAL COM DENSIDADE POPULACIONAL VARIÁVEL
EM ALGODOEIRO**

ARIANA VIEIRA SILVA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

Novembro – 2002

**ESPAÇAMENTOS ULTRA-ADENSADO, ADENSADO E
CONVENCIONAL COM DENSIDADE POPULACIONAL VARIÁVEL
EM ALGODOEIRO**

ARIANA VIEIRA SILVA

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. **EDERALDO JOSÉ CHIAVEGATO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

Novembro – 2002

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Silva, Ariana Vieira

Espaçamentos ultra-adensado, adensado e convencional com
densidade populacional variável em algodoeiro / Ariana Vieira Silva. -
Piracicaba, 2002.

97 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, 2002.

Bibliografia.

1. Algodão 2. Densidade populacional 3. Espaçamento 4.
Reguladores de crescimento vegetal 5. Semeadura I. Título

CDD 633.51

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

À Deus,

À minha mãe Edméia pela confiança, incentivo e amor incondicional,

Ao meu pai Pedro Eugênio pelo amor e pelas orações,

E aos meus irmãos Camila e Eugênio pelo apoio.

DEDICO.

À minha família.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo e à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) pela oportunidade em realizar o curso e à infra-estrutura oferecida.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo auxílio financeiro.

Ao Prof. Dr. Ederaldo José Chiavegato pela orientação científica, dedicação e amizade.

Aos Pesquisadores Científicos Dr. Luiz Henrique Carvalho e Eng. Têxtil Julio Issao Kondo do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras – Instituto Agrônomo de Campinas pelo apoio e infra-estrutura oferecida.

Aos Pesquisadores Científicos Ms. Ruy Seiji Yamaoka e Dr. Celso Jamil Marur do Instituto Agrônomo do Paraná/Londrina por todo apoio.

Ao Prof. Dr. Marcos Silveira Bernardes pelo apoio.

À Prof. Dra. Sônia Maria Stefano Piedade pela orientação nas análises estatísticas.

Ao Engenheiro Agrônomo Edson Roberto Teramoto, responsável pela área experimental agrícola do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura – USP/ESALQ.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura – USP/ESALQ Adilson Aparecido Dias, Adilson de Jesus Teixeira, Ananias Ferreira Sousa, Antonio Pereira de Andrade, César Renato Galvão Desiderio, Claudinei Martins Valério, Cláudio do Espírito Santo, Daniel Luiz Theodoro, Edson Ademir de Moraes,

Jair Vitória Artur, João Rodrigues, José dos Reis Lopes, José Soares de Almeida, Laerte Tiberio, Marcelo Valente Batista, Osmair Roberto Neves, Osvaldo de Jesus Pelissari, Rodrigo Camargo Campos e Wilson Góes da Silva pela presença no acompanhamento do experimento e, à Celestino Alves Ferreira e Silvia Borghesi pelo apoio técnico administrativo.

Às bibliotecárias Eliana e Sílvia da USP/ESALQ pela excelente ajuda na revisão desta dissertação.

Aos colegas e amigos de Mestrado, Eros Artur Bohac Francisco e Lília Sichmann Heiffig, e especialmente à Daniela Moreira Kubiak e Fábio Lima de Almeida Melo pela compreensão e colaboração.

Aos estagiários do Grupo de Experimentação na Cultura do Algodão (GEALG), Carolina ((Txu)2k), Fernando (InOff), Frederico (Simples), Pedro (Fidukão) e Sérgio (K-spa) pela dedicação na experimentação e à estagiária do Grupo de Pesquisas em Oleaginosas (GPO), Luciana (Sumida) pelo auxílio na finalização das análises estatísticas.

Às novas amizades e colegas adquiridos nesta experiência de vida.

Às minhas amigas Ana Cristi, Tatiana e Viviane pelo convívio.

Às minhas eternas amigas Andrea, Carolina, Luciana e Roberta pela força nos momentos difíceis, mesmo de longe.

À minha avó Iara pela solidariedade e carinho.

Ao Otavio pelo amor, amizade e companheirismo.

À toda a minha família, pelo carinho e perseverança que transmitiram.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente auxiliaram na realização deste trabalho.

E à Deus, principal responsável por mais esta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Local	16
3.2 Elementos Climáticos.....	16
3.3 Características do Solo.....	17
3.4 Delineamento Experimental.....	17
3.5 Cultivar.....	19
3.6 Condução do Experimento.....	19
3.6.1 Preparo do solo.....	19
3.6.2 Semeadura.....	19
3.6.3 Adubação.....	20
3.6.4 Regulador de crescimento.....	20
3.6.5 Controle de plantas daninhas.....	21
3.6.6 Controle fitossanitário.....	21
3.6.7 Colheita.....	22
3.7 Acompanhamento Fenológico.....	22
3.8 Variáveis Analisadas.....	23

3.8.1 Caracteres agronômicos de campo.....	23
3.8.2 Caracteres agronômicos de laboratório.....	24
3.8.3 Características tecnológicas da fibra.....	25
3.9 Análise estatística.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Acompanhamento Fenológico.....	27
4.2 Caracteres Agronômicos de Campo.....	29
4.2.1 Índice de área foliar.....	29
4.2.2 Massa seca da parte aérea.....	32
4.2.3 Altura média das plantas.....	35
4.2.4 Índice de colheita.....	43
4.2.5 Altura de inserção do primeiro ramo frutífero.....	44
4.2.6 Diâmetro de caule.....	46
4.2.7 Número de ramos vegetativos.....	48
4.2.8 Número de ramos frutíferos.....	50
4.2.9 Número de internódios.....	51
4.2.10 Produção de algodão em caroço.....	53
4.2.11 Precocidade de colheita.....	56
4.2.12 Número de capulhos por planta.....	57
4.3 Caracteres Agronômicos de Laboratório.....	59
4.4 Características Tecnológicas da Fibra.....	62
5 CONCLUSÕES.....	65
ANEXOS.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Resultados da análise química do solo para macronutrientes da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. Piracicaba, 2001.....	17
2 Resultados da análise química do solo para micronutrientes da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. Piracicaba, 2001.....	17
3 Espaçamento, número de plantas por linha e densidade populacional da cultivar IAC 23. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	18
4 Esquema da análise de variância para os dados das variáveis estudadas...	26
5 Número médio de dias obtidos durante os estádios de crescimento e desenvolvimento para a cultivar IAC 23. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	27
6 Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes ao índice de área foliar (IAF), nos estádios fenológicos para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	30
7 Caracteres agronômicos de campo: índice de área foliar nos estádios fenológicos. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	30
8 Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para índice de área foliar (IAF) no aparecimento do 1º capulho. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	32

9	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à massa seca da parte aérea (g), nos estádios fenológicos para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	33
10	Caracteres agronômicos de campo: massa seca da parte aérea (g) nos estádios fenológicos. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	34
11	Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a massa seca da parte aérea (g) no aparecimento da 1ª flor. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	35
12	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à altura média das plantas (cm), nos estádios fenológicos para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	36
13	Caracteres agronômicos de campo: altura média das plantas (cm) nos estádios fenológicos. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	37
14	Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no aparecimento do 1º botão floral. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	38
15	Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no aparecimento da 1ª flor. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	40
16	Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) na maturação fisiológica. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	40
17	Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no aparecimento do 1º capulho. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	41

18	Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no período da colheita. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	42
19	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes ao índice de colheita (IC), no estádio de maturação fisiológica para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	43
20	Índice de colheita (IC). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	44
21	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à altura de inserção do 1º ramo frutífero (cm) e diâmetro do caule (cm) para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	45
22	Altura de inserção do 1º ramo frutífero (cm) e diâmetro do caule (cm). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	45
23	Altura de inserção do 1º ramo frutífero (cm): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	46
24	Diâmetro do caule (cm): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	47
25	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes ao número de ramos vegetativos, número de ramos frutíferos e número de internódios para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	48
26	Número de ramos vegetativos, número de ramos frutíferos e número de internódios. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	49

27	Número de ramos vegetativos: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	49
28	Número de ramos frutíferos: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	51
29	Número de internódios: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	52
30	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação do resíduo (C.V.) referentes à produção de algodão em caroço (kg.ha^{-1}), precocidade de colheita (%) e número de capulhos por planta para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	53
31	Produção de algodão em caroço (kg.ha^{-1}), precocidade de colheita (%) e número de capulhos por planta. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	54
32	Produção de algodão em caroço (kg.ha^{-1}): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	56
33	Precocidade de colheita (%): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	57
34	Número de capulhos por planta: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	59
35	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à massa de 1 capulho (g), massa de 100 sementes (g) e porcentagem de fibra (%) para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	60
36	Massa de um capulho (g), massa de 100 sementes (g) e porcentagem de fibra (%). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	60
37	Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes às características tecnológicas da fibra para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola, 2001/02. Piracicaba, SP.....	63

38	Comprimento da fibra (mm), uniformidade de comprimento (%), tenacidade (g.Tex^{-1}), micronaire (mm) e maturidade (%). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.....	64
----	---	----

ESPAÇAMENTOS ULTRA-ADENSADO, ADENSADO E CONVENCIONAL COM DENSIDADE POPULACIONAL VARIÁVEL EM ALGODOEIRO

Autora: ARIANA VIEIRA SILVA

Orientador: Prof. Dr. EDERALDO JOSÉ CHIAVEGATO

RESUMO

No presente estudo foi avaliado a densidade populacional, por espaçamentos ultra-adensado, adensado e convencional entre fileiras e número de plantas por metro linear, através do crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultivar de algodão IAC 23. O experimento foi conduzido na área experimental da ESALQ/USP, município de Piracicaba, Estado de São Paulo, no ano agrícola de 2001/02. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial, com 4 repetições, sendo três espaçamentos entre linhas (0,38, 0,76 e 0,95 m) e quatro densidades de plantas por metro linear (5, 8, 11 e 14). O controle da altura das plantas foi realizado através de regulador de crescimento. Em cada parcela experimental foram marcadas seis plantas ao acaso e analisados os seguintes parâmetros: estádios fenológicos, altura média das plantas, altura de inserção do 1º ramo frutífero, diâmetro do caule, número de ramos vegetativos e frutíferos, número de internódios e o número de capulhos por planta. Em duas plantas foram avaliados o índice de área foliar e a massa seca da parte aérea. Na área útil de cada parcela foi determinada a produção de algodão em caroço, a precocidade de colheita e em amostras de 20 capulhos por parcela foram realizadas as

análises dos caracteres agronômicos de laboratório (massa média de uma capulho, massa de 100 sementes e porcentagem de fibra) e das características tecnológicas da fibra (comprimento da fibra, uniformidade de comprimento, tenacidade, micronaire e maturidade). Pelos resultados obtidos concluí-se que as condições ambientais foram favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultivar IAC 23, completando o ciclo em 161 dias; quanto menor o espaçamento e maior a densidade de plantas na linha, maior o IAF durante o ciclo, menor o diâmetro do caule pelo estiolamento das plantas e menor o número de capuchos por planta; quanto maior o espaçamento e menor a densidade de plantas na linha, maior a massa seca da parte aérea e a altura média das plantas durante o ciclo; o índice de colheita é maior conforme o aumento do espaçamento enquanto que não altera com a densidade de plantas; maior densidade de plantas na linha eleva a altura de inserção do 1º ramo frutífero; independente do espaçamento e da densidade, o número de ramos vegetativos não é alterado enquanto que o número de ramos frutíferos e o número de internódios diminui com o aumento da população de plantas por área; a produção de algodão em caroço foi 12% e 8,4 % superior nos espaçamentos ultra-adensado e adensado, respectivamente, comparado ao convencional; no espaçamento ultra-adensado na menor densidade de plantas na linha, a produção de algodão em caroço foi 29,2% e 22,3% superior, respectivamente, às produções dos espaçamentos adensado e convencional na mesma densidade de plantas na linha; a precocidade de colheita praticamente não é alterada na cultivar IAC 23, sobretudo com o aumento da população de plantas por área; os caracteres agronômicos de laboratório e as características tecnológicas da fibra não foram alteradas nas populações de plantas estudadas.

ULTRA-NARROW ROW, NARROW ROW AND CONVENTIONAL ROW WITH COTTON VARIABLE DENSITY PLANT POPULATION

Author: ARIANA VIEIRA SILVA

Adviser: Prof. Dr. EDERALDO JOSÉ CHIAVEGATO

SUMMARY

The purpose of this work was to study plant population density, by spacing between rows and plants per linear meter for the IAC 23 cotton cultivar under ultra-narrow row, narrow row or conventional row by analyzing plant growth, development and yield. The experiment was established in the experimental field of ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, during the 2001/2002 season, in a randomized block design with four replications. Three rows (0,38, 0,76 and 0,95 m between lines) and four plant densities (5, 8, 11 and 14 plants per linear meter) were used. Plant height was controlled by growth regulator. Six plants per plot were labeled and analyzed for the phenological phase, average plant height, insertion height of the first fruit branch, stem diameter, number of vegetative and fruit branches, number of internodes and open bolls per plant. Two plants were analyzed per plot for the leaf area index (LAI) and plant top dry mass. Cotton yield and harvest early were determined considering the effective plot area. Samples of 20 open bolls randomized chosen per plot were analyzed for agronomical lab characteristics (average open boll mass, mass of 100 seeds and fiber percentage) and fiber technological characteristics (length, length uniformity, strength, micronaire and

maturity). Results showed that the environmental conditions favored growth and development of the IAC 23 cultivar, which completed its lifecycle in 161 days; smaller row and higher plant density resulted in greater LAI, smaller stem diameter due to estiolation and fewer open bolls per plant; larger row and lower plant density promoted greater plant top dry mass and average plant height; the harvest index increased with row, although it was not altered by plant density; higher plant density in rows increased the insertion height of the first fruit branch; the number of vegetative branches was not influenced by plant row and density, while the number of fruit branches and internodes decreased with level of plant population per area; cotton yield was 12% and 8,4% higher for the ultra-narrow row and narrow row, respectively, when compared with the conventional row; cotton yield for the ultra-narrow row with the lowest plant density in rows was 29,2% and 22,3% higher than the yields for the narrow row and conventional row, respectively, considering the same plant density; harvest early of the IAC 23 cultivar varied with the increase in plant population per area; agronomical lab characteristics and fiber technological characteristics did not vary in the plant populations studied.

1 INTRODUÇÃO

A importância econômica e social que a cultura do algodoeiro representa no mundo, além de estar entre as dez maiores fontes de riqueza no setor agropecuário, se expressa na sua pluma, que dentre as fibras têxteis, naturais ou artificiais, é a mais importante pela multiplicidade e qualidade de aplicação.

A cultura do algodoeiro no Brasil, após um longo período de retração de área, motivada principalmente por fatores econômicos e pelo sistema de produção adotado (pequenas áreas), retomou a partir da safra 1996/97 sua trajetória de recuperação. Assim, saltou de 305,8 mil toneladas de pluma produzidas na safra 1996/97 para 916,0 mil toneladas na safra 2001/02, voltando o Brasil a ser exportador da fibra de algodão (FNP, 2002).

A retomada do crescimento da cultura no Brasil está fundamentada na expansão da área de cultivo para novas regiões, notadamente os cerrados do Centro Oeste, e pela adoção de novas tecnologias a esse perfil produtivo, quer seja, lavouras extensas, mecanização total da cultura e uso intensivo de insumos agrícolas. Neste contexto, é freqüente a busca pela produtividade e rentabilidade, as quais devem ser conseguidas com a melhoria na eficiência dos processos produtivos, visando ainda, a melhoria da qualidade do produto para atender as exigências impostas pelo mercado globalizado. Em um enfoque amplo, é importante que se busque a racionalização de utilização e maximização da eficiência dos recursos naturais disponíveis, como a água, nutrientes, radiação solar, insumos agrícolas e mão-de-obra, visando manter e/ou melhorar os atributos do solo e do ambiente.

A plasticidade da planta do algodoeiro é função da configuração de semeadura, ocasionando mudanças nas características morfológicas, fisiológicas e de produção da planta e da lavoura como um todo, bem como a precocidade de colheita (Fowler & Ray, 1977).

Segundo Nóbrega et al. (1999), alta produtividade pode ser obtida quando se tem o equilíbrio entre o crescimento e o desenvolvimento vegetativo das plantas. Isto é devido ao hábito de crescimento indeterminado do algodoeiro, contribuindo para que ocorra competição por assimilados entre os drenos reprodutivos (botões florais, flores e frutos) e os drenos vegetativos (raiz, caule e folhas). Consequentemente, a adoção de técnicas ou processos nessa direção deve ser priorizada.

Dentre as configurações de semeadura possíveis, a cultura do algodoeiro pode ser implantada variando-se o espaçamento entre linhas e o número de plantas nas linhas. O espaçamento ultra-adensado ou Ultra-Narrow-Row (UNR) nos EUA compreende o dimensionamento entre linhas de 0,19 a 0,38 m (Jost & Cothren, 1999a; Jost & Cothren, 1999b). O adensado ou Narrow-Row (NR), de 0,39 a 0,76m (Williford et al., 1986; Weir, 1996), e o convencional com espaçamentos superiores a 0,76m.

Segundo Allen et al. (1998), solos considerados marginais (degradados) para a cultura do algodoeiro, podem ser melhores aproveitados adotando-se o espaçamento ultra-adensado.

Nos tradicionais Estados cotonicultores brasileiros como São Paulo, Paraná Minas Gerais e em algumas áreas nos cerrados do Centro Oeste, com os solos já há muito explorados, erodidos, compactados, com altos teores de alumínio e baixos teores de matéria orgânica, a adoção de espaçamentos ultra-adensados pode ser vantajosa se comparado aos espaçamentos convencionais. Pois, segundo Reeves (2000), aliado a um sistema conservacionista, esta configuração de semeadura diminui os custos com insumos agrícolas, aumenta a rentabilidade em curto prazo, além de conservar e/ou melhorar as características do solo e a produtividade em longo prazo. Neste sentido, o cultivo do algodoeiro em altas densidades populacionais vem recebendo especial atenção de produtores e pesquisadores, sobretudo nos Estados Unidos, e requerendo maiores estudos em nosso meio.

Assim, o presente estudo teve por objetivo, avaliar essas configurações de semeadura, comparando-se os espaçamentos ultra-adensado, adensado e convencional em diferentes densidades populacionais e suas implicações no crescimento e desenvolvimento das plantas, nas características agronômicas, tecnológicas da fibra e na produção do algodoeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Quando se leva em consideração o aproveitamento dos elementos climáticos, sobretudo em condição de adversidade, como, por exemplo, restrição hídrica prolongada, Krieg (1997); Landivar & Donato (2000); Prince et al. (1999) observaram que, principalmente para produtividade, utilizando-se menor espaçamento entre linhas e menor número de plantas na linha, ocorreu aumento da interceptação de luz pelas plantas e na eficiência do uso da água, devido, principalmente, a uma menor taxa de evaporação do solo descoberto. Do mesmo modo, Best et al. (1997) citam que, desde que não ocorram desequilíbrios na partição de matéria seca e eficiência na produção de frutos, o manejo em espaçamentos adensados pode ser beneficiado para a obtenção de um maior número de frutos com mínima área foliar, devido ao aumento na eficiência do uso de água.

Krieg (1996) pressupõe que através de espaçamentos adensados e ultra-adensados o suprimento de água é favorecido pela menor evaporação de água do solo, além da melhor interceptação de luz por unidade de área, que faz com que a retenção de frutos seja maior, contribuindo para maiores produtividades.

Maior eficiência na interceptação da densidade de fluxos fotossinteticamente ativos pelas plantas ocorre em espaçamentos mais estreitos entre linhas, como foi observado por Heitholt et al. (1992), uma vez que este sistema de semeadura proporciona um aumento da área foliar, favorecendo maior interceptação de radiação solar incidente na cultura do algodoeiro.

Segundo Heitholt (1994), a interceptação de luz é menor na densidade de 5 plantas.m⁻² quando comparada com a de 10, 15 e 20 plantas.m⁻², e a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos aumenta quanto maior a densidade de plantas. Foi observado que, na densidade de 10 plantas.m⁻², para 90% da interceptação da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos, o IAF no espaçamento de 0,76 m deve ser de 3,5, enquanto que no convencional o IAF é 4 para a mesma interceptação.

Por outro lado, Fowler & Ray (1977) observaram que apesar do índice de área foliar ter sido de duas a três vezes superior na maior população, a fotossíntese líquida por planta e unidade de área foliar foram inferiores, principalmente devido à diminuição da interceptação de luz na lavoura proporcionada pelo sombreamento.

Com índice de área foliar (IAF) de aproximadamente 4 é possível maximizar a produção do algodoeiro nos espaçamentos convencionais, enquanto que nos espaçamentos adensados, como 0,50 m entre linhas, o valor de IAF deve ser aproximadamente 3. Assim, com esses valores de IAF, Heitholt et al. (1992) obtiveram uma interceptação de 90% da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos pela cultura algodoeira. Beltrão et al. (1986) citam que, para as condições do Brasil, o índice de área foliar deve ser igual a 2. Embora a diferença em relação ao IAF seja grande, é preciso, ainda, considerar vários fatores que podem influenciar este arranjo espacial das plantas, tais como: o porte da planta em cultivo, as condições climáticas, a fertilidade do solo, o tipo de colheita, o tipo de manejo da lavoura e dos implementos disponíveis, entre outros (Righi et al., 1965; Passos, 1977; Laca-Buendía & Farias, 1982; Bolonhezi, 1999). Porém, após três anos de cultivo adensado, Pekins (1998) concluiu que se trata de um sistema eficiente em todas as condições edafo-climáticas.

Segundo Moresco et al. (1999b), o apodrecimento de estruturas frutíferas e foliares é favorecido com o adensamento da cultura algodoeira. Isto é explicado por Kittock et al. (1986), pois com o aumento da população, ocorre maior perda de frutos devido à redução da radiação global, afetando a taxa fotossintética, que também reduzirá.

Quanto à variação no porte da cultura, Kerby et al. (1990) estudaram durante dois anos as variações na altura das plantas em cinco cultivares de algodoeiro no

espaçamento de 0,76 m em três densidades de semeadura (5, 10 e 15 plantas.m⁻¹ linear). Observaram que, os genótipos podem ser reunidos em três grupos distintos de acordo com o impacto da densidade de semeadura sobre a altura das plantas; na cultivar de porte maior, o aumento da densidade de plantas diminuiu a altura em um dos anos, mas não no ano em que a irrigação foi suspensa mais cedo; nas cultivares de porte intermediário, as diferenças anuais na altura das plantas só foram significativas com 5 plantas.m⁻² ou no máximo com 10 plantas.m⁻²; os genótipos com menores portes não foram afetados significativamente, nem pela densidade de plantas e nem pelo ano de cultivo. Por conseguinte, de acordo com os autores, as interações genótipo, ambiente e densidade de plantas podem explicar em parte os efeitos inconsistentes da densidade sobre a altura das plantas. Em estudos mais recentes, Kerby (1998) concluiu que as plantas em geral crescem menos nas maiores populações devido as maiores áreas foliares formadas, favorecendo a elevada retenção de frutos, incorrendo em limitações do crescimento vegetativo.

Em nosso meio, Silva (2000) estudou a interação entre duas cultivares, três espaçamentos (0,30, 0,60 e 0,90) e três densidades na linha de semeadura (5, 7,5 e 10 plantas.m⁻¹). As características originais das cultivares foram mantidas em todos os tratamentos; o porte das plantas reduziu na direção dos espaçamentos convencionais para os adensados e para os super adensados. Estes resultados estão de acordo com o observado por Staut & Lamas (1999), quanto maior a população de plantas por área, menor a altura das plantas, assim como Carvalho et al. (2001), que encontraram maior altura das plantas no espaçamento entre linhas de 0,95 m em relação ao de 0,76 m. Moresco et al. (1999a); Moresco et al. (1999b) também observam o aumento da altura das plantas conforme o aumento no espaçamento entre linhas. Enquanto que Bolonhezi et al. (1999) não verificaram diferença estatística para altura média de plantas nos espaçamentos de 25, 50, 75 e 100 cm.

De acordo com Beltrão et al. (2001), ao variar a população de plantas por hectare de 100.000 a 500.000, a altura das plantas mostrou-se menor quanto mais densa a população.

Parâmetros morfológicos estudados por Fowler & Ray (1977) em cinco espaçamentos entre linhas, variando de 12,7 a 50,8 cm para duas cultivares, resultaram em menor diâmetro de caule, altura das plantas, número de nós por planta, número de ramos vegetativos e frutíferos, conforme a diminuição dos espaçamentos, ao contrário da altura de inserção do 1º ramo frutífero, que se mostrou maior em espaçamentos mais adensados.

Lamas (1988) trabalhou com densidade de 6 plantas.m⁻¹ linear e variou os espaçamentos entre linhas de 30, 40, 60, 80 100 e 120 cm, concluindo que, quanto menor o espaçamento, menor a altura das plantas, diâmetro do caule e número de capulhos por plantas. A altura de inserção do 1º ramo frutífero mostrou-se maior nos espaçamentos mais estreitos.

Avaliando densidades de 4, 8 e 16 plantas.m⁻¹ linear, Yamaoka et al. (1982) encontraram que, independente da cultivar utilizada, a altura de inserção dos ramos frutíferos é elevada conforme o aumento da densidade.

Estudando diferentes populações de plantas, Bednarz et al. (1998) chegaram aos seguintes resultados: o número de ramos vegetativos e reprodutivos é inferior nas maiores populações.

Edmisten et al. (1998) encontraram maior porcentagem de frutos na 1ª posição em algodoeiro em sistema ultra-adensado. Já o número de ramos vegetativos e a altura das plantas mostraram-se menores com o adensamento.

Em estudo conduzido por Jost & Cothren (2001) em espaçamentos ultra-estreitos, observou-se redução no porte das plantas e menor número de nós. Enquanto que Gerik et al. (1998) encontraram que a altura das plantas e o número de internódios não são afetados pelos diferentes espaçamentos entre linhas de 19, 38 e 76 cm estudados. Smart (1993) também verificou que os espaçamentos entre linhas de 0,76 e 1,02 m não afetaram o número de internódios e a altura das plantas.

Nóbrega et al. (1993) verificaram que, independente da configuração de semeadura estudada, não houve diferença no diâmetro do caule de plantas de algodão. Segundo Bolonhezi et al. (1999) não ocorreu diferença significativa para altura das plantas e diâmetro do caule em quatro variações de espaçamentos entre linhas, 25, 50, 75

e 100 cm. Contrariamente, Moresco et al. (1999b) mostraram a diminuição do diâmetro do caule no espaçamento convencional de 90 cm para o adensado de 76 cm, o mesmo ocorrendo com a altura das plantas.

Wright et al. (1998) trabalhando com o espaçamento entre linhas de 0,76 m, com altas densidades de plantas por área, verificaram menor número de ramos frutíferos do que nas menores densidades. Contudo, não ocorreu diferença no número de nós vegetativos, altura das plantas e altura de inserção do 1º nó; já nas altas densidades de plantas na linha no espaçamento de 1,02 m, a altura das plantas aumentou.

Cawley et al. (1998) observaram menor altura das plantas e menor número de ramos vegetativos no espaçamento ultra-adensado em relação aos convencionais. Lamas & Staut (1998) citam que a altura das plantas, o diâmetro do caule, o número de ramos vegetativos e reprodutivos e o número de capulhos possuem correlação negativa com o aumento da população de plantas.

Em relação à biomassa vegetativa, Jost & Cothren (2000) trabalhando com espaçamentos entre linhas de 19, 38,1, 76,2 e 101,6 cm citam o incremento desta no momento do “fechamento” da lavoura, aos 73 DAE, nos espaçamentos mais largos em relação ao espaçamento de 19 cm. Neste mesmo trabalho, avaliando dois anos agrícolas, estes autores verificaram que, o índice de colheita não alterou no decorrer da época seca ou úmida e nos espaçamentos estudados.

Quanto à produção de algodão, conforme Lamas & Staut (1998), o equilíbrio da produção se dá pelo aumento de plantas por unidade de área, consequentemente de capulhos. Isto pode ser comprovado em pesquisa realizada por Cawley et al. (1999), visando comparar espaçamentos de 0,19 e 0,91 m. Estes autores concluíram que, apesar do menor número de capulhos por planta no menor espaçamento, a produção pode ser igual ou superior aos maiores espaçamentos. Consequentemente, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, com maior número de plantas por unidade de área, o dobro praticamente, Martin (2001) observou maiores produções do que no espaçamento de 0,90 m.

Silva (2000) encontrou maior média de produção de algodão em caroço com uma cultivar de crescimento mais determinado, a qual apresentou maior plasticidade com a variação populacional.

Segundo Kittock et al. (1986), a interação entre população e plantas de porte alto têm correlação negativa com a produção.

Heitholt et al. (1996) avaliando o comportamento de folha okra e normal, verificaram que a interação entre genótipos de folhas normais e espaçamentos entre linhas de 0,76 m foi significativa estatisticamente para a produção, porém, neste espaçamento, a interceptação de luz foi 9% menor que no espaçamento de 1,02 m.

Moresco et al. (1999a), estudando espaçamentos entre linhas de 30, 45, 60, 75, 90 e 105 cm e densidades de 7 e 12 plantas.m⁻¹ linear, encontraram maiores produções na maior densidade, não verificando diferença nos espaçamentos avaliados. Para a produção de algodão em caroço, Yamaoka et al. (1982), indica a densidade de 8 plantas.m⁻¹ linear. Já Carvalho et al. (2001a), concluíram que, na interação do espaçamento convencional (0,95 m) e adensado (0,76 m) com quatro densidades de plantas por metro linear (5, 8, 11 e 14), a produção foi melhor expressada na densidade de 11 plantas.m⁻¹ linear nos dois espaçamentos acima.

No espaçamento convencional de 1,02 m, Wright et al. (1998) observaram menor número de capulhos e menor produção nas maiores densidades de plantas na linha.

Gerik et al. (2000) observaram que, o aumento na produção com o adensamento das plantas de algodão nas entre linhas é possível, porém, quando não se aumenta a densidade de plantas na linha.

A produção média por planta no espaçamento de 0,60 m mostrou-se inferior do que nos espaçamentos de 0,20 e 0,40 m, segundo Hawkins & Peacock (1970), e a produção aumentou de acordo com o aumento na densidade de plantas.m⁻¹ linear de 2, 3, 4 e 5.

Lamas (1988), utilizando 6 plantas.m⁻¹ e espaçamentos entre linhas variando de 30 a 120 cm, encontrou que o número de capulhos por planta foi menor conforme o

adensamento. Por sua vez, as maiores produções de algodão em caroço foram obtidas nos espaçamentos de 60 e 100 cm.

De acordo com Cawley et al. (1998), ocorre uma maior porcentagem de capulhos na 1ª posição no espaçamento ultraadensado comparado aos convencionais, mas a produção não diferiu, estatisticamente, entre os espaçamentos estudados. Pois, segundo Jost et al. (1998); Jost & Cothren (2001), a produção pode não sofrer alterações em diferentes espaçamentos entre linhas.

Williford (1992) avaliou, durante cinco anos, o sistema de semeadura convencional e adensado, e como resultado, observou que no sistema adensado houve maior produção em todos os anos. Assim também foi verificado mais recentemente por Carvalho et al. (2001b), comparando os espaçamentos de 0,60 e 0,90 m entre linhas, os quais obtiveram maior produção no adensado.

Gerik et al. (1998) encontraram produções de 37 e 21%, respectivamente, nos espaçamentos de 19 e 38 cm, superiores a do espaçamento de 76 cm. Enquanto que, Gerik et al. (1999) obtiveram produções 15 a 113% superiores ao utilizarem espaçamento ultra-adensado.

Ao fim de três anos de cultivo, Bridge et al. (1973) concluíram que a produção de algodão tende a aumentar em populações de plantas acima de 188.000 plantas ha⁻¹. Em dois anos consecutivos, Jost & Cothren (2000) estudaram diferentes configurações de semeadura com espaçamentos entre linhas de 19, 38, 76 e 102 cm e observaram que, em regime de deficiência hídrica e sob altas temperaturas, ocorre aumento da produção em populações maiores.

Conforme o aumento na população de 100.000 a 500.000 plantas por hectare, Beltrão et al. (2001) observaram pequena queda na produção e no número de capulhos por planta.

Segundo Maas (1997), o número de capulhos por planta e a produção aumentaram conforme o aumento dos espaçamentos entre linhas de 25,4, 50,8, 76,2 e 101,6 cm, extrapolando os resultados por unidade de área. Assim também foi observado por Bednarz et al. (1999), pois estes autores encontraram maior produção no espaçamento de 96,5 cm do que no de 25,4 cm em estudo realizado por.

Carmi & Shalhevet¹ citado por Carmi (1996); Gerik et al. (1998); Bednarz et al. (1999) observaram que o acréscimo da produção em altas populações de plantas por área advém do maior número de frutos por área, apesar da diminuição do tamanho dos frutos neste sistema.

A precocidade de colheita tem sido avaliada. Hawkins e Peacock (1973) estudaram diversas configurações de semeadura de algodão e concluíram que, a precocidade de produção não varia com as diferentes populações de plantas. No entanto, outro estudo realizado por Williford (1992), cita a vantagem do adensamento, pela precocidade de colheita alcançada, com diminuição no controle de pragas e plantas daninhas, consequentemente redução do custo de produção.

Em pesquisa realizada por Smart (1993) comparando espaçamentos de 0,76 m com 1,02 m, constatou que no espaçamento de 0,76 m, o “fechamento” da lavoura e a precocidade na produção foram maior do que no convencional de 1,02 m. Porém, Gerik et al. (1998), não acreditam que sistemas adensados de cultivo do algodoeiro venham gerar precocidade de colheita.

Segundo Cawley et al. (1998), o sistema adensado gera maior precocidade de colheita, podendo ser implantado posteriormente ao período de instalação do sistema convencional. Com base em estudos realizados por Jost et al. (1998); Jost & Cothren (1999a), estes autores sugerem o adensamento de plantas como uma alternativa em substituição ao plantio convencional de algodão, pois diminui o intervalo de tempo dos estádios de desenvolvimento, principalmente o do florescimento, ou seja, aumenta a precocidade. Observação importante foi apresentada pelos autores, ressaltando que tal sistema pode ser uma alternativa em época tardia por resultar em maior precocidade no ciclo da cultura (Edmisten et al., 1998).

Jost & Cothren (2001) encontraram maior precocidade no ciclo do algodoeiro em sistema ultra-adensado, fazendo com que o custo de produção seja menor do que em lavouras de semeadura convencional. Isto é explicado por Landivar & Donato (2000), os quais observaram em estudos anteriores, que espaçamentos inferiores a 40 cm faz com

¹ CARMI, A.; SHALHEVET, J. Root effects on cotton growth and yield. **Crop Science**, v.23, p.875-878, 1983.

que a lavoura atinja o estágio de maturação fisiológica mais cedo do que no sistema convencional, ou seja, o ciclo neste sistema de cultivo adensado é mais precoce, escapando das altas populações de bicudo (*Anthrenus grandis* Boh.) e diversas lagartas, reduzindo os gastos com inseticidas.

Jost et al. (1998) sugerem a utilização do espaçamento ultra-adensado pela redução de custos que proporciona, uma vez que é menor a necessidade do preparo do solo e do uso de herbicidas pelo “fechamento” mais rápido das entre linhas, além da precocidade na safra.

Os componentes da produção, de acordo com Fowler & Ray (1977), tais como tamanho de capulho, índice de sementes e fibra e número de sementes por capulho, apresentaram correlação negativa com o estreitamento dos espaçamentos, ou seja, foram menores quanto mais adensados os espaçamentos.

Lamas (1988) variou os espaçamentos entre linhas de 30, 40, 60, 80 100 e 120 cm, mantendo-se a densidade de 6 plantas.m⁻¹ linear, e obtiveram massa de capulho e massa de 100 sementes inferiores em espaçamentos mais estreitos.

De acordo com Nóbrega et al. (1993), a massa de capulho e massa de 100 sementes não diferiram nas diferentes configurações de semeadura estudadas.

Bednarz et al. (1999) encontraram que o peso de sementes foi maior no sistema ultra-adensado do que no convencional. E segundo Carvalho et al. (2001b), aumento na massa de 100 sementes foi obtido ao utilizar densidade de 11 plantas.m⁻¹ linear, tanto em espaçamento adensado (0,76 m) quanto em espaçamento convencional (0,95 m).

Para Beltrão et al. (2001), a massa de um capulho e a porcentagem de fibra não apresentaram diferença quando a população foi aumentada de 100.000 para 500.000 plantas de algodão por hectare.

Segundo Bridge et al. (1973), pesquisando o cultivo do algodoeiro por três anos consecutivos, verificaram que maiores produções de sementes e capulhos foram obtidas na menor população. Da mesma forma, o peso de capulhos foi menor quanto maior a população de plantas por área em pesquisa realizada por Staut & Lamas (1999).

Para Hawkins e Peacock (1973), após estudarem diversas configurações de semeadura, a massa de capulhos e de sementes de algodão e a porcentagem de fibra não sofreram qualquer alteração ao variarem as populações de plantas de algodão por área.

A porcentagem de fibra em estudo conduzido por Jost et al. (1998) foi superior no sistema ultra-adensado em relação ao convencional. Enquanto que, Bridge et al. (1973) verificaram que, após três anos de cultivo, a porcentagem de fibra foi superior na menor população de algodão durante os dois primeiros anos de cultivo, não ocorrendo diferença no terceiro ano de cultivo. Porém, mais recentemente, avaliando o sistema de cultivo adensado, Jost & Cothren (1999b) observaram que as porcentagens de fibras nos frutos não foram maiores em comparação ao sistema convencional.

Durante cinco anos, avaliando o espaçamento convencional de 102 cm e o adensado de 76 cm, Williford (1992) verificou que, a qualidade tecnológica da fibra mostrou-se semelhante para ambos os sistemas de produção.

Para Nóbrega et al. (1993), as características tecnológicas da fibra, como comprimento, resistência, finura e uniformidade da fibra, não sofreram alterações nas diferentes configurações de semeadura avaliadas.

Conforme Gerik et al. (1998), a utilização de diferentes espaçamentos entre linhas não interfere na qualidade da fibra. Segundo Gwathmey (1998), que avaliou os espaçamentos de 25,4, 50,8 e 101,6 cm, verificou também que, independente do espaçamento entre linhas, não ocorre alterações nas características tecnológicas de fibra. Assim como o verificado por Bednarz et al. (1999), ao comparar o espaçamento de 25,4 cm com o de 96,5 cm, não ocorreu diferença em relação à qualidade da fibra. E, mais recentemente, as características tecnológicas da fibra também não sofreram interferência dos diferentes espaçamentos (0,60 e 0,90 cm) avaliados por Carvalho et al. (2001a). Entretanto, Jost & Cothren (2001) concluíram que nos espaçamentos ultra-adensados (0,19 e 0,38 m) o comprimento da fibra é menor do que nos espaçamentos convencionais.

Após três anos de cultivo do algodoeiro, Bridge et al. (1973) concluíram que, as variáveis da tecnologia da fibra, tais como comprimento, resistência e alongação da fibra não sofreram alterações nas diferentes populações estudadas. Já o índice micronaire

apresentou-se maior na menor população de plantas de algodão, em dois dos três anos pesquisados.

Hawkins e Peacock (1973), em seus estudos, verificaram que o índice micronaire mostrou-se superior quando as plantas de algodão foram cultivadas nos espaçamentos de 50,8 e 101,6 cm do que quando cultivadas no espaçamento de 75,6 cm, não diferindo do de 25,8 cm.

Mantendo densidade fixa de 6 plantas.m⁻¹ linear e variando o espaçamento entre linhas, Lamas (1998) concluiu que, o índice micronaire foi menor quanto mais estreitos os espaçamentos.

Segundo Jones & Wells (1997); Heitholt et al. (1996), as características tecnológicas da fibra são influenciadas pela densidade de plantas na linha.

Quando se verifica a interferência do uso de reguladores de crescimento, em geral, a produção e a massa de 100 sementes é aumentada, em detrimento da altura das plantas, do número de capulhos carimados e da porcentagem de fibra. Todavia, o comprimento, o índice micronaire e a tenacidade são elevadas (Carvalho et al., 2001b).

Os espaçamentos entre linhas de 76,2 e 101,6 cm não interferiram na produção em estudos conduzidos por Hart et al. (1995) durante três anos. Assim como as interações entre espaçamento e preparo do solo, e espaçamento e regulador de crescimento não ocorreram diferenças estatísticas. Bader et al. (2000) observaram que a produção de algodão em sistema ultra-adensado pode ser igual ou superior a do convencional, mesmo com reduzido preparo do solo.

Nos espaçamentos de 25,4 50,8 e 101,6 cm, Gwathmey (1996) não encontrou diferença significativa para altura de plantas, que se mostrou diferente apenas após a aplicação de cloreto de mepiquat (PIX), o produto também proporcionou redução no IAF no estágio de maturação fisiológica, e maior porcentagem de fibra, diferentemente de Carvalho et al. (2001b).

O número de ramos vegetativos e a produção decaem com a diminuição dos espaçamentos entre linhas e a porcentagem de frutos de 1ª posição aumenta, porém, com a aplicação de regulador de crescimento a maior produtividade foi no espaçamento ultra-adensado de 0,25 m (Atwell et al., 1996).

Yamaoka et al. (2001) com apenas uma aplicação de PIX, trabalhando com espaçamentos de 0,30, 0,60 e 0,90 m nas densidades de 5, 7,5 e 10 plantas.m⁻¹ linear encontraram menor porte das plantas no espaçamento de 0,30 m. Estes autores sugerem o desenvolvimento de cultivares mais compactas para a viabilidade do espaçamento ultra-adensado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2001/2002 em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, município de Piracicaba – SP, a 546 m de altitude, latitude de 22 42’ e 30’’ sul e longitude de 47 38’ e 00’’ oeste. O clima da região é do tipo Cwa (clima mesotérmico, úmido, subtropical com inverno seco), segundo a classificação de Koeppen (Vianello & Alves, 1991). A temperatura média do mês mais quente está acima de 24°C e a do mês mais frio abaixo de 17° C, apresentando precipitação pluvial média anual de 1200 mm.

3.2 Elementos Climáticos

Os elementos meteorológicos interferem no resultado final desta pesquisa, portanto, foram coletados os dados de temperatura média, precipitação pluvial, radiação global e insolação em Estação Meteorológica Convencional do Departamento de Ciências Exatas da USP/ESALQ e, posteriormente, elaborado o gráfico do balanço hídrico normal a partir de 1917 até 2002 e os gráficos do balanço hídrico sequencial dos anos 2001 e 2002 segundo Rolim et al. (1998). Os dados de temperatura média, precipitação pluvial, radiação global e insolação foram plotados em gráficos comparativos entre as médias dos últimos cinco anos e do período do presente estudo. (Figuras 1 a 7 em anexo).

3.3 Características do Solo

No Laboratório de Análises Químicas do Solo, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da USP/ESALQ, foi realizada a análise química do solo, classificado como Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

Os teores de macro e micronutrientes, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, a partir das amostras de solo retiradas na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo para macronutrientes da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. Piracicaba, 2001.

PH	M.O.	P	S-SO ₄	K	Ca	Mg	H+A	SB	T	V
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³		mmolc.dm ⁻³						
4,9	21	23	50	5,2	29	21	34	55,2	89,2	62

Tabela 2. Resultados da análise química do solo para micronutrientes da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. Piracicaba – SP.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg.dm ⁻³				
0,24	4,3	21	20,6	1,7

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 X 4, com 4 repetições, totalizando 48 parcelas. Foi utilizada a cultivar IAC 23, nos espaçamentos entre linhas de 0,38, 0,76 e 0,95 m, com densidades de 5, 8, 11 e 14 plantas por metro linear.

As parcelas com espaçamento de 0,95 m foram constituídas por 6 linhas, considerando-se úteis as 4 linhas centrais. O espaçamento de 0,76 m teve 7 linhas, com 5 linhas centrais consideradas úteis. No espaçamento de 0,38 m utilizou-se 12 linhas, considerando-se úteis as 10 linhas centrais. Desta forma, em todos os tratamentos a área útil considerada foi de 19 m² por parcela, porém, com densidade populacional variável conforme exposto na Tabela 3. A área total do experimento foi de 1.786,08m² (36,60 X 48,80m).

Tabela 3. Espaçamento, número de plantas por linha e densidade populacional da cultivar IAC 23. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Espaçamentos (m)	Nº Plantas (m linear)	Densidades (plantas. ha ⁻¹)
1	0,38	5	131.579
2	0,38	8	210.526
3	0,38	11	289.474
4	0,38	14	368.421
5	0,76	5	65.789
6	0,76	8	105.263
7	0,76	11	144.737
8	0,76	14	184.211
9	0,95	5	52.632
10	0,95	8	84.211
11	0,95	11	115.789
12	0,95	14	147.368

3.5 Cultivar

A cultivar IAC 23 representa o tipo padrão de plantas das cultivares desenvolvidas e disponíveis na região sudeste do Brasil, razão pela qual foi escolhida para a realização deste estudo. Apresenta forma cônica, porte alto, desenvolvimento vegetativo vigoroso, semi-determinado e frutos grandes. Destaca-se das demais cultivares disponíveis por apresentar resistência genética múltipla à doenças e nematóides, fundamental para o sistema de produção proposto (alta densidade de plantas por área) (Fuzatto & Cia, 2001; Fuzatto & Cia²).

3.6 Condução do Experimento

3.6.1 Preparo do solo

O preparo do solo constou de uma aração na profundidade de 35 cm, utilizando-se arado hidráulico de aiveca com três “bicos” reversíveis, uma gradagem pesada para destruição dos torrões maiores e uma gradagem niveladora para a incorporação do herbicida em pré-plantio-incorporado (PPI).

3.6.2 Semeadura

O experimento foi semeado manualmente no dia 10 de novembro de 2001. Foi utilizada a quantidade necessária de sementes que permitisse o estande final das plantas

² FUZATTO, M.G.; CIA, E. (IAC, Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras do Instituto Agrônomo de Campinas/APTA, Campinas). Comunicação pessoal, 2001.

(5, 8, 11 e 14 plantas.m⁻¹ linear) para cada tratamento após o desbaste, aos 20 dias após a emergência (DAE) das plântulas.

As sementes foram previamente tratadas com carbofuran (Furadan 350 TS) e carboxin (Vitavax – Thiram 200 SC), para o controle de patógenos de solo e pragas iniciais.

3.6.3 Adubação

Na adubação de semeadura foi utilizado 375 kg.ha⁻¹ da fórmula 4-20-20, com base na análise química do solo.

Em cobertura foi aplicado 450 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio, ou seja, 90 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, por ocasião do ajuste do estande aos 30 dias após a emergência das plântulas (DAE).

3.6.4 Regulador de crescimento

O regulador de crescimento, cloreto de mepiquat (PIX), foi aplicado parceladamente com pulverizador costal de CO₂ com pressão constante de 42 l.pol⁻² e com bico X2, conforme o monitoramento semanal da altura das plantas, de forma que os espaçamentos correspondessem a 2/3 da altura final das plantas conforme Righi et al. (1965); Passos (1977); Gridi-Papp et al. (1992). Portanto, no espaçamento ultra-adensado (0,38 m) a altura final ideal das plantas é de 0,60 m, no adensado (0,76 m) de 1,15 m e no convencional (0,95 m) de 1,40 m.

Nas parcelas correspondentes ao espaçamento entre linhas de 0,38 m, foi aplicado 2,3 l.ha⁻¹ de PIX de forma parcelada, ou seja, 300 ml.ha⁻¹ aos 30 DAE, 500 ml.ha⁻¹ aos 40 DAE, 700 ml.ha⁻¹ aos 50 DAE, 500 ml.ha⁻¹ aos 60 DAE e 300 ml.ha⁻¹ aos 70 DAE. Nos espaçamentos entre linhas de 0,76 e 0,95 m, foi aplicado 1,0 l.ha⁻¹ de PIX,

também de forma parcelada, sendo 300 ml.ha⁻¹ aos 30 e aos 40 DAE e 400 ml.ha⁻¹ aos 50 DAE.

3.6.5 Controle de plantas daninhas

O controle de plantas daninhas quando necessário foi realizado através de manejo químico e capinas manuais.

O herbicida em pré-plantio incorporado utilizado na área experimental foi o trifluralin (Trifluralina) na dose de 2,0 l.ha⁻¹ da formulação comercial contendo 480 g i.a.l⁻¹, com um volume de calda de 300 l.ha⁻¹.

Aos 20 DAE foi realizada uma capina manual nas entrelinhas do algodoeiro em todos os tratamentos.

Aos 24 DAE realizou-se a aplicação do herbicida pyriithiobac-sodium (Staple) utilizando-se pulverizador costal, na linha de algodão em todos os tratamentos, na dose de 0,3 l.ha⁻¹ da formulação comercial contendo 280 g i.a. l⁻¹.

Em jato dirigido (JD), aos 47 DAE, foi utilizado em todos os tratamentos o metano arsenito ácido monossódico – MSMA (Daconate) na dose de 3,0 l.ha⁻¹ da formulação contendo 720 g i.a. l⁻¹.

Uma capina manual foi realizada em todos os tratamentos aos 66 DAE para controle das plantas daninhas remanescentes.

3.6.6 Controle fitossanitário

O controle de pragas foi realizado visando o bom desenvolvimento das plantas e sua produção. Devido à característica multiresistente da cultivar IAC 23, não foi necessária a utilização de fungicidas, durante o ciclo da cultura.

As pragas controladas de maneira preventiva foram: tripes (*Frankliniella* sp.), pulgão (*Apis gossypii* Glov.), percevejo rajado (*Horcias nobilellus* Berg.), bicudo

(*Anthonomus grandis* Boh.), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* Banks) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch).

3.6.7 Colheita

Foram realizadas duas colheitas manuais. A primeira foi realizada quando, na média do ensaio, cerca de 72 % das maçãs estavam abertas, ou seja, aos 139 DAE. A segunda colheita foi realizada aos 151 DAE.

Previamente à colheita foram coletados aleatoriamente 20 capulhos por parcela no terço médio das plantas.

3.7 Acompanhamento fenológico

Foi realizado o monitoramento fenológico das plantas na área geral do experimento, dividindo-se o ciclo de produção em estádios distintos de desenvolvimento e anotados os números de dias em cada fase a saber (Landivar & Benedict, 1998):

- a) da semeadura à emergência das plântulas;
- b) da emergência das plântulas ao aparecimento do primeiro botão floral;
- c) do aparecimento do primeiro botão floral à abertura da primeira flor;
- d) da abertura da primeira flor à maturação fisiológica;
- e) da maturação fisiológica ao primeiro capulho;
- f) do primeiro capulho à completa maturação.

3.8 Variáveis Analisadas

3.8.1 Caracteres agronômicos de campo

Em cada estágio fenológico foram coletadas duas plantas por parcela para as seguintes avaliações:

- a) **índice de área foliar**: relação da área foliar total da planta (AF em dm²), considerando-se apenas uma face do limbo foliar, por unidade de área de terreno (S em dm²) disponível para a planta. Foi utilizado o equipamento Li-Cor – 3100 e, posteriormente, a partir da área foliar obtida, foi calculado o índice de área foliar por tratamento:

$$IAF = AF/S$$

Sendo: AF = área do solo ocupada pela planta

S = superfície do solo

- b) **massa seca da parte aérea**: massa do caule e folhas, secados em estufa a 70° C durante 72 horas;
- c) **altura de plantas**: no decorrer do ciclo da cultura, em cada estágio fenológico, foram anotadas as alturas de seis plantas por parcela tomadas ao acaso. Com régua graduada mediu-se a altura em centímetros, entre o nível do solo e o broto apical;
- d) **índice de colheita (IC)**: quociente normalmente utilizado para medir a eficiência de conversão de produtos sintetizados em produtos de importância econômica (Pereira & Machado, 1987). Em relação a uma cultura fisiologicamente madura, o IC é definido como a razão entre a massa da matéria seca da fração econômica produzida (órgão, raiz, fruto) e a fitomassa seca total colhida. Foi determinado na maturação fisiológica aos 94 DAE.

$$IC = PE/PB$$

Sendo: PE = produtividade econômica

PB = produtividade biológica

Por ocasião da colheita, foram realizadas em seis plantas tomadas ao acaso as seguintes determinações:

- e) **altura de inserção do primeiro ramo frutífero**: com régua graduada obteve-se a altura em centímetros da distância entre o nó cotiledonar e a inserção do primeiro ramo frutífero;
- f) **diâmetro de caule**: medido a um centímetro acima do nível do solo, com o auxílio de paquímetro;
- g) **número de ramos vegetativos**: contagem do número de ramos vegetativos por planta;
- h) **número de ramos frutíferos**: contagem do número de ramos frutíferos por planta;
- i) **número de internódios**: contagem do número de internódios por planta;
- j) **número de capulhos por planta**: contagem do número de capulhos por planta.

Na área útil de cada parcela experimental foram determinadas:

- k) **produção de algodão em caroço**: massa, em quilogramas, de algodão em caroço, colhido nas linhas úteis de cada parcela experimental;
- l) **precocidade de colheita**: cálculo da massa da primeira colheita em relação a massa da colheita total da área útil, resultando no índice de precocidade de colheita em porcentagem.

3.8.2 Caracteres agronômicos de laboratório

Na amostra de 20 capulhos colhidos ao acaso no terço médio das plantas em cada parcela experimental, foram realizadas as seguintes determinações:

- a) **massa de um capulho**: massa média em gramas, do algodão em caroço de um capulho, determinada a partir da massa total da amostra;
- b) **massa de 100 sementes**: massa em gramas, de 100 sementes;

- c) **porcentagem de fibra:** massa relativa da fibra obtida após o beneficiamento das amostras, determinado por diferença, a partir da massa das sementes, e expresso em porcentagem.

3.8.3 Características tecnológicas da fibra

Na área útil de cada parcela experimental, foram coletadas aleatoriamente amostras de 20 capulhos, no terço médio das plantas e, posteriormente, encaminhadas para análise, no laboratório do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras do Instituto Agronômico de Campinas/APTA. No equipamento HVI (High Volume Instrument) da Zellweger Uster/Spinlab série 900, foram obtidas as seguintes determinações quanto às características da fibra:

- a) **comprimento de fibra:** valor médio, em milímetros, do comprimento “span 2,5%”, obtido a partir de cinco determinações feitas em cada amostra;
- b) **uniformidade de comprimento:** valor médio, expresso em porcentagem, da uniformidade do comprimento das fibras, baseado na relação dos valores de comprimento “span 50%” e “span 2,5%”, obtido a partir de cinco determinações feitas em cada amostra;
- c) **tenacidade:** índice médio referente à resistência à tração de uma mecha de fibras, expresso em g.Tex^{-1} , obtido mediante quatro determinações em cada amostra;
- d) **micronaire:** índice que representa a finura da fibra, quando são iguais as condições de maturidade. Em nosso meio representa mais comumente o complexo finura + maturidade, quando ambas as propriedades variam. É obtido mediante duas determinações em cada amostra;
- e) **maturidade:** valor médio referente à porcentagem de fibras maduras, obtido a partir de cinco determinações feitas na amostra.

3.9 Análise estatística

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos às análises de variância pelo teste F (Tabela 4) e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Gomes, 1990). Utilizou-se o sistema de análise estatística – SAS (SAS Institute, 1985)

Tabela 4. Esquema da análise de variância para os dados das variáveis estudadas.

Causas da Variação	G.L.
Espaçamento (E)	2
Densidade (D)	3
Interação E x D	6
Bloco	3
Resíduo	33
Total	47

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Acompanhamento fenológico

O monitoramento fenológico da cultivar IAC 23 foi realizado na área experimental, desconsiderando-se os diferentes tratamentos. Portanto, sem avaliar as interferências das configurações de semeadura estudadas (Tabela 5).

Tabela 5. Número médio de dias obtidos durante os estádios de crescimento e desenvolvimento para a cultivar IAC 23. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Estádios de Crescimento	Número de dias
Semeadura a emergência	10
Emergência ao 1º botão floral	32
Emergência a 1ª flor	58
Emergência a maturação fisiológica	94
Emergência ao 1º capulho	126
Emergência a 1ª colheita	139
Emergência a 2ª colheita	151

A cultivar IAC 23 utilizada neste estudo é recomendada para as principais regiões algodoeiras dos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Goiás, adaptada

ao sistema convencional de cultivo, com espaçamentos variando de 0,76 a 1,00 m entre linhas de semeadura. Por apresentar crescimento e desenvolvimento vigoroso, requer necessariamente a utilização de altas doses de regulador de crescimento para o controle da altura das plantas. Assim, deve-se ressaltar que a cultivar IAC 23 não foi desenvolvida, a princípio, para estas condições e, portanto, não possui a melhor estrutura morfológica para ser utilizada em espaçamentos mais estreitos. Nestes casos, são recomendadas cultivares do tipo “Cluster” (ramos laterais curtos e forma cilíndrica), com menor competitividade intraespecífica. Porém, a cultivar IAC 23 destaca-se pela resistência múltipla às principais doenças e nematóides, limitantes à cultura do algodoeiro nestas regiões e no Brasil. Portanto, na ausência de cultivar que atenda integralmente as exigências do sistema de cultivo com espaçamentos mais estreitos, optou-se em avaliar e comparar o comportamento da cultivar IAC 23, em diferentes espaçamentos, com rigoroso monitoramento da altura das plantas através de regulador de crescimento.

Nas condições estudadas, a cultivar apresentou crescimento e desenvolvimento conforme o esperado, completando o ciclo em 161 dias da semeadura a última colheita.

Segundo Fuzatto & Cia², a fase da semeadura até o início do florescimento se dá entre 45 a 50 dias, porém, no presente estudo, o florescimento teve início aos 68 dias após a semeadura. Contudo, isto pode ser explicado pela baixa radiação global e insolação no final do mês de novembro, prolongando-se nos meses de dezembro de 2001 e janeiro de 2002 quando comparado com a média dos últimos 5 anos (Figuras 6 e 7 em anexo), enquanto que a temperatura média e a precipitação pluvial apresentaram-se similares à média dos últimos cinco anos neste período (Figuras 4 e 5 em anexo).

O estágio de maturação fisiológica de acordo com Fuzatto & Cia² foi observado aos 90 dias após a semeadura. Neste estudo, este estágio se deu aos 94 dias após a emergência (DAE) ou 104 dias após a semeadura. Cabe ressaltar que, da antese da 1ª

² FUZATTO, M.G.; CIA, E. (IAC, Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras do Instituto Agrônomo de Campinas/APTA, Campinas). Comunicação pessoal, 2001.

flor até a maturação fisiológica, as temperaturas médias no período estudado estiveram um pouco acima da média dos últimos cinco anos, sobretudo com elevadas precipitações pluviais, conseqüentemente, com períodos de baixa insolação (Figuras 4, 5 e 7 em anexo), contribuindo para o prolongamento do ciclo da cultura.

A fase entre a abertura do 1º capulho até a primeira colheita com cerca de 70% de capulhos, após 13 dias, pode ser considerada rápida, e é explicado pelo longo período de estiagem ocorrida no final do mês de março e durante o mês de abril (Figuras 3 e 5 em anexo), acelerando a desfolha das plantas, desidratando rapidamente as maçãs e conseqüentemente precipitando a abertura destas.

4.2 Caracteres agronômicos de campo

4.2.1 Índice de área foliar

Na Tabela 6 da análise de variância dos dados obtidos para o índice de área foliar (IAF), os valores de F apresentaram-se significativos para espaçamento e densidade em todos os estádios fenológicos, sendo também significativo para a interação espaçamento e densidade no estágio fenológico de abertura do 1º capulho.

Como se observa pelo teste de Tukey na Tabela 7, os efeitos isolados eram esperados devido a ampla variação entre os espaçamentos entre linhas (0,38, 0,76 e 0,95 m) e densidades de plantas na linha de semeadura (5, 8, 11 e 14 plantas.m⁻¹ linear). Pelo teste de comparação das médias, verifica-se que no espaçamento de 0,38 m, o IAF se manteve significativamente maior em todos os estádios quando comparado com o espaçamento de 0,95 m, do mesmo modo como já observado por Heitholt et al. (1992). No espaçamento de 0,76 m, no estágio de 1º botão floral o IAF foi superior ao do espaçamento de 0,38 m e, no estágio de 1ª flor, o IAF foi superior ao do espaçamento de 0,95 m.

Tabela 6. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes ao índice de área foliar (IAF), nos estádios fenológicos para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	GL	Índice de Área Foliar (IAF)							
		1º Botão Floral		1ª Flor		Maturação Fisiológica		1º Capulho	
		Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3								
Espaçamento(E)	2	1,54	24,63*	4,69	10,96*	6,16	6,97*	2,23	4,51**
Densidade (D)	3	1,22	19,57*	6,30	14,69*	3,77	4,27**	5,10	10,29*
Interação ExD	6	0,03	0,56 ^{n.s.}	0,39	0,93 ^{n.s.}	0,40	0,45 ^{n.s.}	0,56	1,14**
Resíduo	33								
Total	47								
C.V. (%)		27,27		26,25		29,43		41,39	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 7. Caracteres agronômicos de campo: índice de área foliar nos estádios fenológicos durante o ciclo. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Índice de Área Foliar (IAF)			
	1º Botão Floral	1ª Flor	Maturação Fisiológica	1º Capulho
E ₁ (0,38m)	1,27 a	3,01 a	3,81 a	2,10 a
E ₂ (0,76 m)	0,79 b	2,52 a	3,19 ab	1,63 ab
E ₃ (0,95 m)	0,68 b	1,93 b	2,57 b	1,36 b
DMS (5%)	0,21	0,56	0,81	0,61
D ₁ (5 pl/m linear)	0,56 c	1,77 b	2,69 b	1,17 b
D ₂ (8 pl/m linear)	0,80 bc	1,97 b	2,74 b	1,30 b
D ₃ (11 pl/m linear)	0,99 b	3,01 a	3,55 ab	1,70 b
D ₄ (14 pl/m linear)	1,31 a	3,20 a	3,79 a	2,62 a
DMS (5%)	0,27	0,72	1,03	0,77

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para o fator densidade, observa-se que no estágio de 1º botão floral o IAF diminuiu conforme a redução no número de plantas na linha, enquanto que na 1ª flor, o IAF foi inferior nas densidades de 5 e 8 plantas.m⁻¹ linear comparada com as densidades de 11 e 14 plantas.m⁻¹ linear. Nos estádios de maturação fisiológica e 1º capulho, o IAF é maior nas densidades de 14 plantas.m⁻¹ linear.

Quando se analisa a interação entre espaçamento e densidade para o índice de área foliar (Tabela 6), nota-se que apenas ocorreu significância na fase final do ciclo, no estágio fenológico de abertura do primeiro capulho. Conforme a Tabela 8, apenas na densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear, os espaçamentos de 0,76 e 0,95 m, diferiram estatisticamente do espaçamento de 0,38 m, sendo o IAF superior neste. Nas densidades de 5, 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear, os espaçamentos entre linhas mostraram-se iguais em relação ao IAF. Nos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m com 14 plantas.m⁻¹ linear e no espaçamento de 0,38 m com 11 plantas.m⁻¹ linear encontram-se os valores de IAF mais próximo do citado por Beltrão et al. (1986), trabalhando no Brasil, como ideal para a cultura algodoeira para interceptação de 90% da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos. Em região algodoeira dos Estados Unidos da América, Heitholt et al. (1992); Heitholt (1994) encontraram que, para a mesma interceptação acima, com densidade de 10 plantas.m⁻², o IAF deve ser de aproximadamente igual a 3 nos espaçamentos adensados e 4 nos convencionais.

No presente estudo, no espaçamento de 0,38 m, o IAF não diferiu nas densidades de 5, 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear, sendo superior na densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear. No espaçamento de 0,76 m, independentemente da densidade de plantas na linha, o IAF não diferiu estatisticamente, enquanto que no espaçamento de 0,95 m, a densidade de 5 e 14 plantas na linha diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 8).

Segundo Fowler & Ray (1977), estas diferenças encontradas no IAF entre as menores e as maiores populações de plantas, ocasionam uma redução na fotossíntese líquida por planta. Sabe-se que quanto menor a fotossíntese menor a produção de carboidrato. Sendo assim, dentre outros fatores, constata-se na Tabela 35 a diferença

significativa entre o número de capulhos por planta nas configurações de semeadura estudadas.

Tabela 8. Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para o índice de área foliar (IAF) no aparecimento do 1º capulho. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Índice de Área Foliar (IAF) no 1º Capulho			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	1,37 a B	1,42 a B	2,04 a B	3,56 a A
0,76	1,38 a A	1,43 a A	1,73 a A	2,01 b A
0,95	0,77 a B	1,05 a AB	1,33 a AB	2,25 b A
F			1,14**	
CV (%)			41,39	
D.M.S. ¹			1,22	
D.M.S. ²			1,34	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.2 Massa seca da parte aérea

A massa seca da parte aérea se refere aos seguintes componentes: haste principal, ramos laterais, pecíolos e folhas. A análise de variância revela valores de F significativos nos quatro estádios fenológicos avaliados para o fator espaçamento e menos no estágio de 1º botão floral para o fator densidade, com interação significativa no estágio de 1ª flor (Tabela 9).

Tabela 9. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à massa seca da parte aérea (g), nos estádios fenológicos para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	G.L.	Massa Seca da Parte Aérea (g)							
		1º Botão Floral		1ª Flor		Maturação Fisiológica		1º Capulho	
		Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3								
Espaçamento(E)	2	10,63	8,33*	396,73	19,81*	685,06	15,85*	877,12	13,93*
Densidade (D)	3	0,75	0,59 ^{n.s.}	107,24	5,36*	377,61	8,74*	88,31	1,40**
Interação ExD	6	0,68	0,54 ^{n.s.}	27,28	1,36**	8,37	0,19 ^{n.s.}	15,43	0,25 ^{n.s.}
Resíduo	33								
Total	47								
C.V. (%)		22,80		23,74		23,49		30,66	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Como se observa, os efeitos isolados dos fatores espaçamento e densidade na Tabela 10, no espaçamento de 0,38 m a massa seca da parte aérea foi menor que nos demais espaçamentos em todos os estádios fenológicos, enquanto que Jost & Cothren (2000), trabalhando com outra cultivar, observaram que no momento do “fechamento” da lavoura, que ocorreu aos 73 DAE, no espaçamento de 19 cm a biomassa vegetativa foi inferior a dos espaçamentos de 38,1 76,2 e 101,6 cm. Nos estádios fenológicos de aparecimento do 1º botão floral e na abertura do 1º capulho a massa seca não mostrou diferença estatística entre as densidades estudadas. Nos estádios de 1ª flor e maturação fisiológica, maior massa seca foi encontrada na densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear.

Conforme os dados da Tabela 9, verifica-se que houve interação entre os fatores estudados para massa seca da parte aérea apenas no estágio fenológico de ocorrência da primeira flor.

Tabela 10. Caracteres agronômicos de campo: massa seca da parte aérea (g) nos estádios fenológicos. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Massa Seca da Parte Aérea (g)			
	1º Botão Floral	1ª Flor	Maturação Fisiológica	1º Capulho
E ₁ (0,38m)	4,06 b	13,13 b	20,60 b	17,42 b
E ₂ (0,76 m)	5,12 a	21,11 a	30,27 a	28,98 a
E ₃ (0,95 m)	5,67 a	22,28 a	33,08 a	31,21 a
DMS (5%)	0,98	3,88	5,70	6,88
D ₁ (5 pl/m linear)	5,03 a	23,04 a	35,31 a	29,81 a
D ₂ (8 pl/m linear)	5,26 a	16,88 b	27,44 b	25,27 a
D ₃ (11 pl/m linear)	4,71 a	18,91 ab	27,54 b	23,63 a
D ₄ (14 pl/m linear)	4,79 a	16,53 b	21,64 b	24,78 a
DMS (5%)	1,24	4,94	7,26	8,76

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando-se a Tabela 11 para a interação no estágio de 1ª flor, observase que nas densidades de 5, 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear, a massa seca foi inferior estatisticamente no espaçamento de 0,38 m comparado-se ao de 0,95 m. No espaçamento de 0,76 m, a massa seca foi superior ao de 0,38 m nas densidades de 8 e 14 plantas.m⁻¹ linear. Já em todas as densidades de plantas na linha, a massa seca foi igual nos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m. Nos espaçamentos de 0,38 e 0,76 m estudados, não ocorreu diferença entre as densidades de plantas na linha quanto à produção de massa seca pela plantas. No espaçamento de 0,95 m, com densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear, verifica-se a maior eficiência da produção de massa seca da parte aérea dentre ao tratamentos analisados, entretanto, não diferindo estatisticamente, da densidade de 11 plantas.m⁻¹ linear neste espaçamento.

Tabela 11. Caracteres agrônômicos de campo: médias dos tratamentos para a massa seca da parte aérea (g) no aparecimento da 1ª flor. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Massa Seca da Parte Aérea (g) na 1ª Flor			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	17,45 b A	10,62 b A	13,93 b A	10,54 b A
0,76	22,23 ab A	19,28 a A	20,74 ab A	22,20 a A
0,95	29,45 a A	20,75 a B	22,07 a AB	16,87 ab B
F			1,36**	
CV (%)			23,74	
D.M.S. ¹			7,77	
D.M.S. ²			8,57	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.3 Altura média das plantas

Conforme se observa na Tabela 12 da análise de variância, o teste F da altura média das plantas revelou-se significativo para os fatores espaçamento e densidade, bem com suas interações em todos os estádios fenológicos estudados. De fato, como era esperado também para esta variável (altura das plantas) os efeitos isolados foram estatisticamente significativos (Tabela 13).

Tabela 12. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à altura média das plantas (cm), nos estádios fenológicos para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	Altura Média das Plantas (cm)										
	1º Botão Floral			1ª Flor		Maturação Fisiológica		1º Capulho		Colheita	
	G.L.	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3										
Espaçamento (E)	2	17,60	4,28**	184,17	13,10*	711,85	15,04*	741,28	11,57*	1049,83	17,94*
Densidade (D)	3	33,09	8,05*	23,62	1,68**	48,46	1,02**	143,40	2,24**	189,64	3,24**
Interação ExD	6	8,85	2,15**	40,73	2,90**	81,13	1,71**	127,52	1,99**	150,55	2,57**
Resíduo	33										
Total	47										
C.V. (%)		5,61		5,86		7,77		8,35		8,86	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 13. Caracteres agronômicos de campo: altura média das plantas (cm) nos estádios fenológicos. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Altura Média das Plantas (cm)				
	1º Botão Floral	1ª Flor	Maduração Fisiológica	1º Capulho	Colheita
E ₁ (0,38m)	34,87 b	60,52 b	80,86 b	87,97 b	76,91 b
E ₂ (0,76 m)	36,76 a	67,30 a	93,03 a	100,50 a	91,36 a
E ₃ (0,95 m)	36,61 ab	64,13 a	91,68 a	98,86 a	90,49 a
DMS (5%)	1,75	3,25	5,96	6,94	6,63
D ₁ (5 pl/m linear)	34,22 b	62,02 a	91,13 a	100,64 a	91,94 a
D ₂ (8 pl/m linear)	35,86 b	64,20 a	87,83 a	93,47 a	83,91 ab
D ₃ (11 pl/m linear)	35,98 b	64,34 a	86,34 a	93,15 a	83,24 b
D ₄ (14 pl/m linear)	38,26 a	65,36 a	88,79 a	95,86 a	86,01 ab
DMS (5%)	2,23	4,14	7,59	8,83	8,44

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

¹ Altura medida com régua graduada do solo ao broto apical;

² Altura medida com régua graduada do nó cotiledonar ao broto apical.

Na Tabela 13 são apresentadas as alturas médias das plantas nos cinco estádios fenológicos estudados com as médias para cada espaçamento e densidade. Pelo teste de Tukey a 5% nota-se que, o espaçamento de 0,38 m proporcionou a menor média de altura das plantas nos cinco estádios conforme o esperado, pois neste tratamento foi utilizada uma maior dose total de regulador de crescimento. Estes resultados estão de acordo com Fowler & Ray (1977); Lamas (1988); Cawley et al. (1998); Edmisten et al. (1998); Moresco et al. (1999a); Moresco et al. (1999b); Silva (2000); Carvalho et al. (2001a); Jost & Cothren (2001); Yamaoka et al. (2001), entretanto não foi o mesmo verificado por Gwathmey (1996); Gerik et al. (1998); Bolonhezi et al. (1999), pois estes autores não encontraram diferença estatística para altura de plantas conforme a variação no espaçamento entre linhas. Segundo Smart (1993), a altura de plantas não é afetada pelo espaçamento, pois este não encontrou diferença entre os espaçamentos adensado e convencional, assim como foi verificado no presente estudo (Tabela 13). O que se observou na maior densidade de 11 plantas.m⁻¹ no estádio de 1º botão floral, comparado com as densidades de 5, 8 e 11 plantas.m⁻¹, foi o estiolamento das plantas pela competição intra específica gerada, o que poderia ter sido evitado com a aplicação de

uma dose antecipada de fitoregulador de crescimento antes da 1ª aplicação conforme ocorreu aos 30 DAE, haja vista que o estágio de 1º botão floral se deu aos 32 DAE.

Quanto as interação entre os fatores espaçamento e densidade para a variável altura de plantas, verifica-se na Tabela 12 que os valores do teste F revelaram-se significativos em todos estádios fenológicos estudados. Os dados referentes à estas interações são apresentados nas Tabelas 14 a 18.

No aparecimento do primeiro botão floral, disponível na Tabela 14, verifica-se que entre as densidades de 5, 8 e 14 plantas.m⁻¹ linear não ocorreram diferenças estatísticas significativas nos espaçamentos avaliados. Somente com 11 plantas.m⁻¹ linear na linha, o espaçamento de 0,95 m proporcionou maior crescimento das plantas do que no espaçamento de 0,38 m, enquanto que o espaçamento de 0,76 m não diferiu dos demais.

Tabela 14. Caracteres agrônômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no aparecimento do 1º botão floral. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Altura Média das Plantas (cm) no 1º Botão Floral			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	34,00 a B	33,95 a B	33,41 b B	38,12 a A
0,76	34,16 a B	36,79 a AB	36,25 ab AB	39,83 a A
0,95	34,50 a A	36,83 a A	38,29 a A	36,83 a A
F		2,15**		
CV (%)		5,61		
D.M.S. ¹		3,52		
D.M.S. ²		3,88		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

Analisando-se ainda a Tabela 14, pode-se observar que, no espaçamento de 0,38 m, as densidades de 5, 8 e 11 plantas não diferiram estatisticamente, porém na densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear as plantas cresceram mais do que nas outras três densidades, possivelmente devido ao estiolamento das plantas, assim como foi observado no espaçamento de 0,76 m entre as densidades de 5 e 14 plantas.m⁻¹ linear. Entretanto, no espaçamento de 0,95 m as plantas nas diferentes densidades estudadas cresceram de forma similar pelo teste de comparação de médias ao nível de 5% de probabilidade.

A altura média das plantas no estágio de 1^a flor (Tabela 15) para a densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear foi semelhante nos três espaçamentos. Nas densidades de 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear, e no espaçamento de 0,38 m, a altura média das plantas foi inferior à dos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m. Na densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear, as plantas no espaçamento de 0,38 m apresentaram porte semelhante quando comparado ao espaçamento de 0,95 m.

Ainda neste estágio fenológico de primeira flor, é possível observar que as alturas médias das plantas nos espaçamentos de 0,38 e 0,95 m, não diferiram nas quatro densidades avaliadas (5, 8, 11 e 14 plantas.m⁻¹ linear). Contudo, no espaçamento entre linhas de 0,76 m a densidade de 5 plantas.m⁻¹ proporcionou menor altura das plantas do que a densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear.

No estágio de maturação fisiológica, verifica-se que não ocorreu diferença estatística entre as densidades de plantas na linha (Tabela 16) para a altura das plantas dentro dos três espaçamentos estudados, ocorrendo apenas diferenças entre os espaçamentos. Nas densidades de 8, 11 e 14 plantas.m⁻¹ linear, a altura média das plantas foi diferente entre os espaçamentos de 0,38 e 0,76 m e na densidade de 8 plantas m⁻¹ linear entre os espaçamentos de 0,38 e 0,95 m. Estes resultados se devem ao fato de que no espaçamento de 0,38m foi utilizado uma dose de regulador de crescimento aos 70 DAE, que acabou segurando a altura média das plantas neste estágio fenológico.

Tabela 15. Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no aparecimento da 1ª flor. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Altura Média das Plantas (cm) na 1ª Flor			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	60,87 a A	58,62 b A	59,62 b A	62,96 b A
0,76	62,83 a B	67,41 a AB	66,83 a AB	72,12 a A
0,95	62,37 a A	66,58 a A	66,58 a A	61,00 b A
F		2,90**		
CV (%)		5,86		
D.M.S. ¹		6,51		
D.M.S. ²		7,18		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

Tabela 16. Caracteres agronômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) na maturação fisiológica. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Altura Média das Plantas (cm) na Maturação Fisiológica			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	86,58 a A	75,75 b A	77,37 b A	83,75 b A
0,76	90,54 a A	92,87 a A	92,79 a A	95,91 a A
0,95	96,29 a A	94,87 a A	88,87 ab A	86,70 ab A
F		1,71**		
CV (%)		7,77		
D.M.S. ¹		11,95		
D.M.S. ²		13,18		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

No momento da abertura do 1º capulho, a altura média das plantas (Tabela 17) nas densidades de 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear foi menor no espaçamento de 0,38 m em relação aos de 0,76 e 0,95 m. Nos extremos das densidades utilizadas de 5 e 14 plantas.m⁻¹ linear, a altura média das plantas não variou entre os diferentes espaçamentos. Nos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m a altura média das plantas foi semelhante nas densidades estudadas, do mesmo modo que no espaçamento de 0,38 m, na densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear, os quais proporcionaram maior porte das plantas quando comparado com as densidades de 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear.

Tabela 17. Caracteres agrônômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no aparecimento do 1º capulho. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Altura Média das Plantas (cm) no 1º Capulho			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	97,83 a A	81,33 b B	81,33 b B	91,41 a AB
0,76	98,33 a A	98,95 a A	101,79 a A	102,92 a A
0,95	105,75 a A	100,12 a A	96,33 a A	93,25 a A
F			1,99**	
CV (%)			8,35	
D.M.S. ¹			13,90	
D.M.S. ²			15,33	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância; Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

A cultivar IAC 23 apresenta geneticamente porte alto (Fuzatto & Cia, 2001) e segundo Kerby et al. (1990), cultivares com esta característica tendem a diminuir a altura em densidades de plantas elevadas, a não ser sob restrição hídrica durante o ciclo da cultura. Contudo, no ano em estudo não ocorreu estiagem prolongada. Como se observa na Tabela 18, na densidade maior, de 14 plantas.m⁻¹ linear, a altura final das

plantas foi igual estatisticamente nos três espaçamentos. Nas densidades de 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear no espaçamento de 0,38 m a altura final das plantas foi inferior comparada aos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m. Na densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear, o espaçamento ultra-adensado (0,38 m) proporcionou a menor altura de plantas do que o espaçamento convencional (0,95 m), sendo que o espaçamento adensado (0,76 m) não diferiu destes outros dois espaçamentos entre linhas.

Tabela 18. Caracteres agrônômicos de campo: interação espaçamento x densidade para a altura média das plantas (cm) no período da colheita. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Altura Média das Plantas na Colheita (m)			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	85,16 b A	70,25 b B	70,33 b B	81,91 a AB
0,76	89,91 ab A	90,33 a A	91,41 a A	93,79 a A
0,95	100,75 a A	90,87 a AB	88,00 a AB	82,33 a B
F		2,57**		
CV (%)		8,86		
D.M.S. ¹		13,29		
D.M.S. ²		14,65		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

Ainda na Tabela 18, observa-se que os espaçamentos de 0,38 e 0,76 m mantiveram o mesmo resultado apresentado na Tabela 17 nas diferentes densidades. No entanto, no espaçamento de 0,95 m, a altura final das plantas na densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear foi maior do que na densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear, ou seja, o maior porte das plantas ocorreu na menor densidade. Nas densidades intermediárias de 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear, as alturas médias das plantas foram iguais entre si e iguais nas densidades de 5 e 14 plantas.m⁻¹ linear.

4.2.4 Índice de colheita

Conforme os dados da análise de variância apresentados na Tabela 19, o índice de colheita (IC), determinado no estágio de maturação fisiológica, aos 94 DAE, foi significativo apenas como efeito isolado para o fator espaçamento. De fato, pelo teste de Tukey (Tabela 20) constata-se que o índice de colheita não variou nas diferentes densidades, sendo que apenas no espaçamento de 0,38 m as plantas apresentaram menor eficiência produtiva comparado com os demais espaçamentos. Segundo Jost & Cothren (2000), o índice de colheita não altera no decorrer da época seca ou úmida e nos espaçamentos de 19, 38,1, 76,2 e 101,6 cm avaliados.

Tabela 19. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes ao índice de colheita (IC), no estágio de maturação fisiológica para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	G.L.	Índice de Colheita (IC)	
		Q.M.	F
Bloco	3		
Espaçamento (E)	2	0,45	11,02*
Densidade (D)	3	0,01	0,30 ^{n.s.}
Interação ExD	6	0,02	0,55 ^{n.s.}
Resíduo	33		
Total	47		
CV (%)			29,19

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 20. Índice de colheita (IC). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Índice de Colheita (IC)
E ₁ (0,38 m)	0,51 b
E ₂ (0,76 m)	0,85 a
E ₃ (0,95 m)	0,72 a
DMS (5%)	0,17
D ₁ (5 pl/m linear)	0,70 a
D ₂ (8 pl/m linear)	0,68 a
D ₃ (11 pl/m linear)	0,66 a
D ₄ (14 pl/m linear)	0,73 a
DMS (5%)	0,22

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.5 Altura de inserção do 1º ramo frutífero

A altura de inserção do 1º ramo frutífero se mostrou significativa pelo teste F da análise de variância (Tabela 21) para o fator densidade e interação entre espaçamento e densidade, não sendo significativa para espaçamento. Entretanto, Fowler & Ray (1977); Lamas (1988) verificaram um aumento na altura de inserção do 1º ramo frutífero nos espaçamentos mais densos. Quanto à densidade, apenas com 14 plantas.m⁻¹ linear a altura de inserção do 1º ramo frutífero foi superior, tal como observado por Yamaoka et al. (1982) que, avaliando as densidades de 4, 8 e 16 plantas.m⁻¹ linear, encontrou que a altura de inserção do 1º ramos frutífero é maior conforme o aumento na densidade de plantas na linha.

Tabela 21. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes à altura de inserção do 1º ramo frutífero (cm) e diâmetro do caule (cm) para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	G.L.	Altura de Inserção do 1º Ramo Frutífero (cm)		Diâmetro do Caule (cm)	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3	9,61			
Espaçamento (E)	2	5,33	0,71 ^{n.s.}	0,436	56,44*
Densidade (D)	3	72,87	9,77*	0,097	12,58*
Interação ExD	6	14,07	1,89**	0,012	1,60**
Resíduo	33	7,45			
Total	47	24,47			
C.V. (%)		12,69		7,77	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 22. Altura de inserção do 1º ramo frutífero (cm) e diâmetro do caule (cm). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Altura de Inserção do 1º Ramo Frutífero (cm)	Diâmetro do Caule (cm)
E ₁ (0,38 m)	22,02 a	0,94 b
E ₂ (0,76 m)	20,88 a	1,23 a
E ₃ (0,95 m)	21,63 a	1,22 a
DMS (5%)	2,36	0,07
D ₁ (5 pl/m linear)	19,23 b	1,25 a
D ₂ (8 pl/m linear)	20,27 b	1,13 b
D ₃ (11 pl/m linear)	21,63 b	1,06 b
D ₄ (14 pl/m linear)	24,90 a	1,07 b
DMS (5%)	3,01	0,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à interação entre espaçamento e densidade para a altura de inserção do 1º ramo frutífero verifica-se na Tabela 23 que esta ocorre com mais intensidade na maior densidade de plantas e nos menores espaçamentos, principalmente no ultra-adensado (0,38 m), ou seja, no espaçamento de 0,38 m com densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear a altura de inserção do 1º ramo frutífero foi maior nas demais densidades, enquanto no espaçamento de 0,76 m esta diferença ocorreu entre as densidades de 5 e 14 plantas.m⁻¹ linear. Não se verificou diferença entre as densidades no espaçamento de 0,95m.

Tabela 23. Altura de inserção do 1º ramo frutífero (cm): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Altura de Inserção do 1º Ramo Frutífero (cm)			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	19,58 a B	20,37 a B	20,20 a B	27,91 a A
0,76	18,54 a B	20,20 a AB	20,70 a AB	24,08 ab A
0,95	19,58 a A	20,25 a A	24,00 a A	22,71 b A
F		1,89**		
CV (%)		12,69		
D.M.S. ¹		4,74		
D.M.S. ²		5,23		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.6 Diâmetro do caule

Tanto para espaçamento, densidade e a interação destes dois fatores, os valores de F foram significativos na avaliação do diâmetro do caule por ocasião da colheita (Tabela 21). De fato, no espaçamento ultra-adensado (0,38 m) ocorreu o menor diâmetro do caule. Estes resultados estão de acordo com os estudos realizados por Fowler & Ray

(1977); Lamas (1998); Moresco et al. (1999b) que, avaliando diferentes espaçamentos entre linhas, encontraram diminuição do diâmetro do caule conforme o estreitamento das entre linhas. Porém, discordam de Bolonhezi et al. (1999), pois estes não verificaram diferenças no diâmetro do caule entre os espaçamentos de 25, 50, 75 e 100 cm.

Na interação espaçamento x densidade (Tabela 24), é possível verificar que, em todas as densidades de plantas na linha o diâmetro do caule foi menor no espaçamento de 0,38 m, não apresentando diferença nos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m. Nóbrega et al. (1993) não verificaram variações no diâmetro do caule independentemente da configuração de semeadura. Quanto à densidade de plantas na linha, verifica-se que com 5 plantas.m⁻¹ linear no espaçamento de 0,38 m o diâmetro do caule foi maior do que nas maiores densidades (11 e 14 plantas.m⁻¹ linear). No espaçamento de 0,95 m ocorreu a redução do diâmetro do caule conforme o aumento no número de plantas na linha. Lamas & Staut (1998) atribuem este resultado ao fato de que o diâmetro do caule diminui com o aumento da população de plantas. De fato, a competição entre plantas, sobretudo pela luz, intensifica-se nas maiores populações, provocando a redução do diâmetro do caule pelo maior estiolamento.

Tabela 24. Diâmetro do caule (cm): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Diâmetro do Caule (cm)			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	1,06 b A	0,91 b AB	0,86 b B	0,91 b B
0,76	1,35 a A	1,19 a AB	1,15 a B	1,22 a AB
0,95	1,35 a A	1,28 a AB	1,16 a BC	1,07 a C
F			1,60**	
CV (%)			7,77	
D.M.S. ¹			0,15	
D.M.S. ²			0,16	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.7 Número de ramos vegetativos

Na análise de variância da Tabela 25 para número de ramos vegetativos verifica-se valores de F significativos apenas para densidade e para a interação espaçamento e densidade. Não havendo diferença estatística significativa entre os espaçamentos. Entretanto, embora os valores de F mostraram-se significativos, diferenças estatísticas entre as médias não foram confirmadas pelo teste de Tukey (Tabelas 26 e 27). Porém, Fowler & Ray (1977); Atwell et al. (1996); Cawley et al. (1998); Edmisten et al. (1998), observaram que nos espaçamentos mais estreitos o número de ramos vegetativos é menor do que nos espaçamentos convencionais. Quanto ao número de plantas na linha Wright et al. (1998) também não encontraram efeitos significativos no espaçamento de 0,76 m. Por outro lado, Bednarz et al. (1998); Lamas & Staut (1998) verificaram menor número de ramos vegetativos com o aumento da população de plantas.

Tabela 25. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes ao número de ramos vegetativos, número de ramos frutíferos e número de internódios para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	G.L.	Número de Ramos Vegetativos		Número de Ramos Frutíferos		Número de Internódios	
		Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3	0,30					
Espaçamento (E)	2	0,26	0,42 ^{n.s.}	10,59	3,37**	8,54	3,70**
Densidade (D)	3	1,77	2,78**	5,42	1,73**	4,20	1,82**
Interação ExD	6	0,72	1,13**	7,49	2,39**	8,24	3,57**
Resíduo	33	0,64					
Total	47	0,79					
C.V. (%)		17,54		13,88		8,76	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 26. Número de ramos vegetativos, número de ramos frutíferos e número de internódios. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Número de Ramos Vegetativos	Número de Ramos Frutíferos	Número de Internódios
E ₁ (0,38 m)	4,60 a	11,93 b	16,54 b
E ₂ (0,76 m)	4,41 a	13,56 a	17,97 a
E ₃ (0,95 m)	4,66 a	12,82 ab	17,49 ab
DMS (5%)	0,69	1,53	1,31
D ₁ (5 pl/m linear)	4,34 a	13,76 a	18,11 a
D ₂ (8 pl/m linear)	4,20 a	12,62 a	16,83 a
D ₃ (11 pl/m linear)	4,60 a	12,30 a	16,91 a
D ₄ (14 pl/m linear)	5,08 a	12,40 a	17,48 a
DMS (5%)	0,88	1,95	1,67

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 27. Número de ramos vegetativos: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Número de Ramos Vegetativos			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	4,79 a A	3,95 a A	4,41 a A	5,24 a A
0,76	3,87 a A	4,62 a A	4,24 a A	4,91 a A
0,95	4,37 a A	4,04 a A	5,16 a A	5,08 a A
F			1,13**	
CV (%)			17,54	
D.M.S. ¹			1,39	
D.M.S. ²			1,53	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.8 Número de ramos frutíferos

O número de ramos frutíferos sofreu interferência das causas de variação estudadas, como confirmado pelo teste F da análise de variância na Tabela 25. Entretanto, diferenças significativas entre as médias foram confirmadas pelo teste de Tukey apenas para o fator espaçamento (Tabela 26) e para a interação espaçamento x densidade (Tabela 28). No espaçamento de 0,76 m ocorreu maior número de ramos frutíferos do que em 0,38 m, assim como observado por Fowler & Ray (1977), os quais verificaram que o número de ramos frutíferos diminui à medida que se reduz o espaçamento entre linhas; já o espaçamento convencional (0,95 m) não diferiu do adensado (0,76 m) e do ultra-adensado (0,38 m).

Verificando-se as médias da interação na Tabela 28, constata-se que na densidade de 11 plantas.m⁻¹ linear, o número de ramos frutíferos no espaçamento adensado (0,76 m) foi superior ao dos demais espaçamentos (0,38 e 0,95 m), enquanto que nas densidades de 5, 8 e 14 plantas.m⁻¹ linear não ocorreu diferença entre os espaçamentos. Nos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m o número de ramos frutíferos variou com as densidades estudadas, assim como encontrado por Wright et al. (1998) no espaçamento de 0,76 m. No espaçamento de 0,38 m, a densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear proporcionou maior número de ramos frutíferos que a densidade de 11 plantas.m⁻¹ linear. Bednarz et al. (1998); Lamas & Staut (1998) encontraram que nas maiores populações de plantas é inferior o número de ramos frutíferos.

Tabela 28. Número de ramos frutíferos: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Número de Ramos Frutíferos			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	14,04 a A	11,54 a AB	10,12 b B	12,04 a AB
0,76	13,49 a A	13,08 a A	15,29 a A	12,37 a A
0,95	13,74 a A	13,25 a A	11,50 b A	12,79 a A
F		2,39**		
CV (%)		13,88		
D.M.S. ¹		3,08		
D.M.S. ²		3,39		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.9 Número de internódios

Assim como o número de ramos frutíferos foi significativo para espaçamento, densidade e suas interações, o número de internódios comportou-se de modo semelhante (Tabela 25), sendo que o número de internódios é a somatória dos ramos vegetativos e frutíferos. Como se observa na Tabela 26, a diferença estatística entre as médias dos espaçamentos, são semelhantes para o número de ramos frutíferos. O número de internódios no espaçamento de 0,76 m foi maior que no espaçamento de 0,38 m, assim como encontrado por Fowler & Ray (1977); Jost & Cothren (2001), ao contrário do observado por Gerik et al. (1998), os quais não verificaram diferenças no número de internódios entre os espaçamentos ultra-adensado e adensado. No espaçamento de 0,95 m, o número de internódios foi igual ao dos demais espaçamentos, o que também foi observado por Smart (1993) comparando o espaçamento de 0,76 m com o de 1,02 m. O número de internódios por planta não variou com a densidade de plantas na linha.

Na Tabela 29 encontra-se a interação significativa entre os fatores. Verifica-se que, na densidade de 11 plantas.m⁻¹ linear, no espaçamento de 0,76 m, ocorreu maior número de internódios que nos espaçamentos extremos de 0,38 e 0,95 m. Nas demais densidades (5, 8 e 14 plantas.m⁻¹ linear), o número de internódios mostrou-se estatisticamente igual nos três espaçamentos estudados. No espaçamento de 0,38 m com densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear obteve-se maior número de internódios que nas densidades de 8 e 11 plantas.m⁻¹ linear, sendo igual estatisticamente a densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear. Nos espaçamentos adensado (0,76 m) e convencional (0,95 m) o número de internódios foi similar nas quatro densidades, da mesma forma como observado por Wright et al. (1998) no espaçamento de 0,76 m.

Tabela 29. Número de internódios: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Número de Internódios			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	18,83 a A	15,50 a B	14,54 b B	17,29 a AB
0,76	17,37 a A	17,71 a A	19,54 a A	17,29 a A
0,95	18,12 a A	17,29 a A	16,66 b A	17,87 a A
F		3,57**		
CV (%)		8,76		
D.M.S. ¹		2,64		
D.M.S. ²		2,91		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.10 Produção de algodão em caroço

Verificando-se a análise de variância para produção de algodão em caroço na Tabela 30, constata-se significância pelo teste F do efeito isolado para o fator espaçamento e para a interação espaçamento x densidade, aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. As variações para o fator densidade, como efeito isolado, não foram significativas.

Tabela 30. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação do resíduo (C.V.) referentes à produção de algodão em caroço (kg.ha^{-1}), precocidade de colheita (%) e número de capulhos por planta para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	G.L.	Produção de Algodão em Caroço (kg.ha^{-1})		Precocidade de Colheita (%)		Número de Capulhos por Planta	
		Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3						
Espaçamento (E)	2	689767,89	5,66*	315,06	9,30*	35,98	80,92*
Densidade (D)	3	25925,00	0,21 ^{n.s.}	43,87	1,29**	45,14	101,51*
Interação ExD	6	356338,88	2,92**	49,37	1,46**	1,80	4,07**
Resíduo	33						
Total	47						
C.V. (%)		9,81		8,08		15,83	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Ao analisar a Tabela 31, constata-se que no espaçamento ultra-adensado de 0,38 m, independentemente das densidades de plantas nas linhas de semeadura estudadas, a produção de algodão de $3734,1 \text{ Kg.ha}^{-1}$, foi significativamente 12% superior à produção de $3328,4 \text{ Kg.ha}^{-1}$ obtida no espaçamento convencional de 0,95 m, porém não diferindo significativamente da produção de $3607,9 \text{ Kg.ha}^{-1}$ obtida no espaçamento adensado de 0,76 m. Estes resultados assemelham-se aos observados por

Hawkins & Peacock (1970); Hawkins & Peacock (1973); Lamas (1988); Carmi (1996); Krieg (1996); Gerik et al. (1998); Bednarz et al. (1999); Gerik et al. (1999). Contudo, Atwell et al. (1996); Maas (1997); Bednarz et al. (1999), obtiveram maior produção utilizando o espaçamento convencional. Por outro lado, Cawley et al. (1998); Jost et al. (1998); Moresco et al. (1999a); Jost & Cothren (2001), trabalhando com configurações semelhantes de espaçamentos e número de plantas na linha, não observaram interferência na produção de algodão pelos diferentes tratamentos utilizados. Para Cawley et al. (1999); Bader et al. (2000), a produção nos espaçamentos ultra-adensado pode ser igual ou superior a nos espaçamentos convencional.

Tabela 31. Produção de algodão em caroço (kg.ha^{-1}), precocidade de colheita (%) e número de capulhos por planta. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Produção de Algodão em Caroço (kg.ha^{-1})	Precocidade de Colheita (%)	Número de Capulhos por Planta
E ₁ (0,38 m)	3734,1 a	66,92 b	2,59 c
E ₂ (0,76 m)	3607,9 ab	74,35 a	4,48 b
E ₃ (0,95 m)	3328,4 b	74,84 a	5,55 a
DMS (5%)	302,99	5,05	0,57
D ₁ (5 pl/m linear)	3554,5 a	74,25 a	6,85 a
D ₂ (8 pl/m linear)	3600,2 a	72,21 a	4,39 b
D ₃ (11 pl/m linear)	3579,6 a	72,11 a	3,14 c
D ₄ (14 pl/m linear)	3493,0 a	69,58 a	2,45 c
DMS (5%)	385,67	6,42	0,73

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quando se compara os espaçamentos mais amplos de 0,76 e 0,95m, verifica-se que o aumento de 8,4% na produção de algodão obtido no espaçamento de 0,76 não foi significativo estatisticamente (Tabela 31). Hart et al. (1995); Heitholt et al. (1996); Carvalho et al. (2001b) observaram resultados semelhantes aos do presente trabalho. Entretanto, Hawkins & Peacock (1973); Williford (1992); Martin (2001) obtiveram maior produção ao utilizar o espaçamento adensado.

Com relação aos efeitos das densidades estudadas na produção de algodão em caroço, conforme se observa na Tabela 31, não apresentaram diferença estatística significativa pelo teste Tukey de comparação de médias como efeito isolado. No entanto, Yamaoka et al. (1982); Wright et al (1998); Carvalho et al. (2001a), obtiveram maior produção nas menores densidades, ao contrário de Moresco et al. (1999a).

De fato, o que se pode inferir, pelos resultados contrastantes disponíveis na literatura, obtidos por diferentes autores, tanto para espaçamentos como para o número de plantas nas linhas de semeadura, é que tais resultados, em geral, são atribuídos às mais variadas causas de variações, dentre outras, sobretudo a interação cultivar x ambiente.

Conforme indicado na Tabela 30, verifica-se a ocorrência de interação significativa entre espaçamento e densidade.

Pelos dados disponíveis na Tabela 32, constata-se que a produção de algodão para cada espaçamentos utilizado (0,38, 0,76 e 0,95m) foi independente da variação do número de plantas na linha de semeadura. Ou seja, a produção foi condicionada pelo espaçamento entre linhas.

Dentre os espaçamentos da Tabela 32, destaca-se dos demais, o espaçamento ultra-adensado (0,38m), nas densidades extremas (5 e 14 plantas.m⁻¹ linear), principalmente na menor densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear. Ou seja, a produção correspondente a 4115,0 Kg.ha⁻¹ de algodão em caroço obtida neste tratamento foi 29,2% e 22,3% superior respectivamente, às produções nos espaçamentos de 0,76 (3184,3 Kg.ha⁻¹) e 0,95 m (3364,3 Kg.ha⁻¹), com 5 plantas.m⁻¹ linear. Na densidade de 14 plantas.m⁻¹, são menores as diferenças porém, novamente o espaçamento ultra-adensado proporcionou a maior produção, ou seja, 3715,7 Kg.ha⁻¹ de algodão em caroço o que representa um aumento significativo de 17,1% sobre o maior espaçamento de 0,95 m. A produção obtida no espaçamento de 0,76m na maior densidade de plantas não difere estatisticamente dos demais espaçamentos.

Nas densidades intermediários avaliadas (8 e 11 plantas.m⁻¹ linear) observa-se que a produção de algodão não diferiu entre os espaçamentos (Tabela 32).

Tabela 32. Produção de algodão em caroço (kg.ha^{-1}): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Produção de Algodão em Caroço (kg.ha^{-1})			
	Densidade (plantas.m^{-1} linear)			
	5	8	11	14
0,38	4115,0 a A	3619,4 a A	3486,5 a A	3715,7 a A
0,76	3184,3 b A	3788,2 a A	3777,6 a A	3681,7 ab A
0,95	3364,3 b A	3393,0 a A	3474,9 a A	3081,5 b A
F		2,92**		
CV (%)		9,81		
D.M.S. ¹		606,81		
D.M.S. ²		669,15		

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
 Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;
 Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;
 D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;
 D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.11 Precocidade de colheita

A precocidade de colheita foi significativa pelo teste F para os fatores isolados e para a interação destes (Tabela 30). Entretanto, pelo teste das médias, diferenças significativas foram confirmadas apenas para o fator espaçamento (Tabela 31) e para a interação espaçamento x densidade (Tabela 33).

Na Tabela 31, verifica-se que a precocidade de colheita foi maior nos espaçamentos mais largos, de 0,76 e 0,95 m. Estes resultados são discordantes dos obtidos por Williford (1992); Smart (1993); Cawley et al. (1998); Edmisten et al. (1998); Jost et al. (1998); Jost & Cothren (1999a); Landivar & Donato (2000); Jost & Cothren (2001). Estes autores salientam que quanto mais estreito o espaçamento maior será a precocidade de colheita. Porém, do mesmo modo como neste estudo, Gerik et al. (1998) não encontraram diferenças para precocidade de colheita entre os diferentes

espaçamentos entre linhas estudados. As contradições dos resultados podem ser atribuídas possivelmente às cultivares utilizadas nos estudos dessa natureza.

Na Tabela 33 para a interação espaçamento e densidade, verifica-se que a precocidade de colheita foi pouco dependente dos fatores estudados. Variando-se o número de plantas na linha e/ou o espaçamento entre linhas, a precocidade de colheita praticamente não foi alterada para a cultivar IAC 23 utilizada no presente estudo, sobretudo com o aumento da população de plantas por área. Resultados semelhantes foram obtidos por Hawkins & Peacock (1973) que concluíram que em diferentes populações de plantas estudadas não favoreceram a precocidade.

Tabela 33. Precocidade de colheita (%): interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Precocidade de Colheita (%)			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	69,12 a A	70,06 a A	67,85 b A	60,66 b A
0,76	77,90 a A	74,63 a A	70,24 ab A	74,62 a A
0,95	75,72 a A	71,95 a A	78,25 a A	73,45 a A
F			1,46**	
CV (%)			8,08	
D.M.S. ¹			10,11	
D.M.S. ²			11,15	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância; Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;

D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;

D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.2.12 Número de capulhos por planta

A população de algodão é dependente evidentemente do número de capulhos por planta. Como se observa na Tabela 30, o número de capulhos por planta foi

significativo para espaçamento, densidade e pela interação dos fatores. Por conseguinte, na Tabela 31 observa-se que o aumento do número de capulhos por planta ocorreu na medida em que se aumentou o espaçamento entre linhas. De fato, o mesmo resultado foi demonstrado por Lamas (1988); Maas (1997); Cawley et al. (1999); Beltrão et al. (2001). Nas maiores densidades (11 e 14 plantas.m⁻¹ linear) decresce o número de capulhos por planta.

Na interação entre espaçamento e densidade (Tabela 34), verifica-se que em todas as densidades de plantas na linha, o espaçamento de 0,38 m proporcionou o menor número de capulhos por planta. Nas densidades de 5 e 8 plantas.m⁻¹ linear, o espaçamento de 0,76 m, apresentou menor número de capulhos por planta do que o espaçamento de 0,95 m, já nas densidades de 11 e 14 plantas.m⁻¹ linear, os espaçamentos de 0,76 e 0,95 m não diferiram entre si. Nos três espaçamentos avaliados, o número de capulhos foi inferior na densidade de 5 plantas.m⁻¹ linear. Nos demais espaçamentos (0,76 e 0,95 m) a densidade de 14 plantas.m⁻¹ linear induziu menor número de capulhos que as demais densidades de plantas na linha, ou seja, em geral, diminuindo-se o espaçamento entre linhas e aumentando o número de plantas por metro linear, o número de capulhos por planta consequentemente decresce. Confirmando os resultados, Wright et al. (1998) observaram menor número de capulhos nas maiores densidades em espaçamento convencional. Lamas & Staut (1998) verificaram menor número de capulhos por planta conforme o aumento da população de plantas.

Quanto maior a população de plantas, os resultados mostram redução do número de capulhos por planta e da massa de capulho. Entretanto, com maior número de plantas por área, consequentemente maior é o número de capulhos por unidade de área para o equilíbrio da produção (Tabelas 32 e 34). Carmi (1996); Gerik et al. (1998); Lamas & Staut (1998); Bednarz (1999) explicam esta relação.

Tabela 34. Número de capulhos por planta: interação espaçamento x densidade. Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Espaçamento entre linhas (m)	Número de Capulhos por Planta			
	Densidade (plantas.m ⁻¹ linear)			
	5	8	11	14
0,38	4,52 c A	2,55 c B	1,80 b B	1,50 b B
0,76	6,92 b A	4,70 b B	3,50 a BC	2,80 a C
0,95	9,12 a A	5,92 a B	4,12 a C	3,05 a C
F			4,07**	
CV (%)			15,83	
D.M.S. ¹			1,17	
D.M.S. ²			1,29	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% respectivamente pelo teste de F da análise da variância;
 Médias seguidas da mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;
 Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade;
 D.M.S.¹ – espaçamento dentro de densidade;
 D.M.S.² – densidade dentro de espaçamento.

4.3 Caracteres agronômicos de laboratório

Conforme a análise de variância apresentada na Tabela 35, os valores de F foram significativos para o fator espaçamento em relação as variáveis massa de um capulho, massa de 100 sementes e porcentagem de fibra. Quanto ao fator densidade, somente para massa de 100 sementes, observou-se significância. Não foi observada interação dos fatores para todos os caracteres agronômicos estudados.

Analisando-se os fatores isolados de maneira geral, verifica-se na Tabela 36 que a massa de um capulho aumentou nos espaçamentos mais largos. Do mesmo modo como foi observado por Fowler & Ray (1977); Lamas (1988); Carmi (1996); Gerik et al. (1998); Bednarz et al. (1999); Carvalho et al. (2001b) que concluíram ser menor a massa de um capulho à medida que se diminui o espaçamento entre linhas. Já Hawkins & Peacock (1973); Nóbrega et al. (1993); Beltrão et al. (2001) não encontraram diferença para a massa de um capulho em diversas configurações de plantio estudadas.

Tabela 35. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes a massa de um capulho (g), massa de 100 sementes (g) e porcentagem de fibra (%) para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da variação	G.L.	Massa de 1 Capulho (g)		Massa de 100 Sementes (g)		Porcentagem de Fibra (%)	
		Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3						
Espaçamento (E)	2	1,89	3,42**	1,28	5,30*	1,21	2,07**
Densidade (D)	3	0,46	0,84 ^{n.s.}	0,89	3,69**	0,15	0,26 ^{n.s.}
Interação ExD	6	0,16	0,30 ^{n.s.}	0,18	0,75 ^{n.s.}	0,42	0,72 ^{n.s.}
Resíduo	33						
Total	47						
C.V. (%)		10,13		3,69		1,99	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 36. Massa de um capulho (g), massa de 100 sementes (g) e porcentagem de fibra (%). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Massa de 1 Capulho (g)	Massa de 100 Sementes (g)	Porcentagem de Fibra (%)
E ₁ (0,38 m)	6,94 b	13,13 b	38,08 a
E ₂ (0,76 m)	7,59 a	13,20 b	38,59 a
E ₃ (0,95 m)	7,46 ab	13,65 a	38,51 a
DMS (5%)	0,64	0,42	0,66
D ₁ (5 pl/m linear)	7,49 a	13,52 ab	38,35 a
D ₂ (8 pl/m linear)	7,43 a	13,59 a	38,53 a
D ₃ (11 pl/m linear)	7,35 a	13,19 ab	38,42 a
D ₄ (14 pl/m linear)	7,05 a	13,01 b	38,26 a
DMS (5%)	0,82	0,54	0,84

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Dentre os caracteres agronômicos de laboratório estudados, a massa de sementes é a variável mais influenciada pelas variações nos espaçamentos entre linhas e pelo número de plantas na linha sem, no entanto, depender da interação entre os fatores (Tabela 35).

O que se constata na tabela 36, referente ao teste das médias, é a redução na massa de sementes com a redução do espaçamento entre linhas e com o aumento de plantas na linha. Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Fowler & Ray (1977); Lamas (1988), os quais encontraram menor massa de sementes com o estreitamento das entre linhas. Carvalho et al. (2001a) trabalhando com as mesmas densidades utilizadas no presente estudo, concluíram que, a densidade de 11 plantas m^{-1} linear apresentou maior massa de 100 sementes nos espaçamentos de 0,76 e 0,95 m. Todavia, Bednarz et al. (1999) obtiveram maior massa de sementes em sistema ultra-adensado e Nóbrega et al. (1993) igual massa de 100 sementes em diferentes configurações de semeadura do mesmo modo que as variações nas populações para massa de 100 sementes não diferiram entre si nas diversas populações de plantas estudadas por Hawkins & Peacock (1973).

Quanto a porcentagem de fibra, pelos resultados obtidos (Tabela 36), constata-se que este caráter não foi influenciado pelos tratamentos utilizados no presente estudo. Do mesmo modo Hawkins & Peacock (1973) trabalhando com diferentes populações de plantas não observaram diferença quanto à porcentagem de fibra. Jost & Cothren (1999a); Beltrão et al. (2001) obtiveram resultados semelhantes aos do presente estudo. Porém, para Jost et al. (1998), a porcentagem de fibra mostrou-se inferior no espaçamento convencional. Ao contrário de Fowler & Ray, que encontraram menor porcentagem de fibra nos espaçamentos mais estreitos. Em contrapartida, Bridge et al. (1973) observou anteriormente que, durante duas safras consecutivas a porcentagem de fibra foi superior nas menores populações.

4.4 Características tecnológicas da fibra

Dentre as características da fibra estudadas, apenas foi observado efeito significativo da densidade de plantas na linha como fator isolado. As demais características tecnológicas da fibra, avaliadas no presente estudo, não foram influenciadas pelos tratamentos utilizados (Tabelas 37 e 38).

Dentre as características tecnológicas da fibra, Williford (1992); Gwathmey (1998); Bednarz et al. (1999); Gerik et al. (1999); Carvalho et al. (2001b) não observaram interferência de espaçamento entre linhas. Analogamente, neste estudo, o comprimento da fibra, a uniformidade de comprimento, a tenacidade, o índice micronaire e a maturidade não apresentaram nenhuma diferença entre as médias para espaçamento ou densidade pelo teste de Tukey (Tabela 38). Porém, Jones & Wells (1997); Heitholt et al. (1996) obtiveram influência da densidade de plantas na linha sobre as características tecnológicas da fibra.

De acordo com Bridge et al. (1973); Nóbrega et al. (1993), diferentes configurações de semeadura não alteraram o comprimento da fibra. Entretanto, de acordo com Jost & Cothren (2001), a diminuição do comprimento da fibra pode ocorrer em espaçamentos ultra-adensados de 0,19 e 0,38 m.

Quanto ao índice micronaire, Hawkins & Peacock (1973) verificaram aumento no índice nos espaçamentos de 50,8 e 101,6 cm em comparação a 75,6 cm, não diferindo, entretanto do espaçamento de 25,8 cm. Já Bridge et al. (1973) observou maior índice micronaire nas menores populações de plantas.

Tabela 37. Quadrado médio (Q.M.), F da análise de variância (F) e coeficiente de variação dos resíduos (C.V.) referentes às características tecnológicas da fibra para espaçamentos (E), densidades (D) e suas interações (média de 4 repetições). Ano agrícola, 2001/02. Piracicaba, SP.

Causas da Variação	G.L.	Comprimento da Fibra (mm)		Uniformidade Comprimento (%)		Tenacidade (g.Tex ⁻¹)		Micronaire (mm)		Maturidade (%)	
		Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F	Q.M.	F
Bloco	3										
Espaçamento (E)	2	0,14	0,55 ^{n.s.}	0,06	0,12 ^{n.s.}	0,69	0,94 ^{n.s.}	0,03	0,82 ^{n.s.}	0,82	0,08 ^{n.s.}
Densidade (D)	3	0,67	2,64 ^{**}	0,38	0,67 ^{n.s.}	0,69	0,94 ^{n.s.}	0,03	0,73 ^{n.s.}	2,16	0,22 ^{n.s.}
Interação ExD	6	0,06	0,25 ^{n.s.}	0,31	0,55 ^{n.s.}	0,50	0,69 ^{n.s.}	0,02	0,65 ^{n.s.}	6,90	0,71 ^{n.s.}
Resíduo	33										
Total	47										
C.V. (%)		1,85		1,59		3,16		4,88		4,09	

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F da análise da variância.

Tabela 38. Comprimento da fibra (mm), uniformidade de comprimento (%), tenacidade (g.Tex⁻¹), micronaire (mm) e maturidade (%). Ano agrícola 2001/02. Piracicaba, SP.

Tratamentos	Comprimento da fibra (mm)	Uniformidade comprimento (%)	Tenacidade (g.Tex ⁻¹)	Micronaire (mm)	Maturidade (%)
E ₁ (0,38 m)	27,33 a	47,31 a	27,05 a	4,25 a	76,50 a
E ₂ (0,76 m)	27,15 a	47,45 a	26,88 a	4,20 a	76,45 a
E ₃ (0,95 m)	27,28 a	47,38 a	27,30 a	4,30 a	76,08 a
DMS (5%)	0,43	0,65	0,74	0,18	2,71
D ₁ (5 pl/m linear)	27,40 a	47,40 a	27,33 a	4,26 a	76,00 a
D ₂ (8 pl/m linear)	26,92 a	47,25 a	26,76 a	4,22 a	76,85 a
D ₃ (11 pl/m linear)	27,24 a	47,63 a	27,04 a	4,31 a	76,55 a
D ₄ (14 pl/m linear)	27,45 a	47,25 a	27,17 a	4,20 a	75,98 a
F	2,64*	0,67 ^{n.s.}	0,94 ^{n.s.}	0,73 ^{n.s.}	0,22 ^{n.s.}
C.V. (%)	1,85	1,59	3,16	4,88	4,09
DMS (5%)	0,55	0,83	0,94	0,23	3,45

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

No presente estudo e sob as condições experimentais descritas, conclui-se que:

- As condições ambientais foram favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultivar IAC 23, completando o ciclo em 161 dias;
- Quanto menor o espaçamento e maior a densidade de plantas na linha, maior o IAF durante o ciclo, menor o diâmetro do caule pelo estiolamento das plantas e menor o número de capuchos por planta;
- Quanto maior o espaçamento e menor a densidade de plantas na linha, maior a massa seca da parte aérea e a altura média das plantas durante o ciclo;
- O índice de colheita é maior conforme o aumento do espaçamento enquanto que não altera com a densidade de plantas;
- Maior densidade de plantas na linha eleva a altura de inserção do 1º ramo frutífero;
- Independente do espaçamento e da densidade, o número de ramos vegetativos não é alterado enquanto que o número de ramos frutíferos e o número de internódios diminuem com o aumento da população de plantas por área;
- A produção de algodão em caroço foi 12% e 8,4 % superior nos espaçamentos ultra-adensado e adensado, respectivamente, comparado ao convencional. No espaçamento ultra-adensado na menor densidade de plantas na linha, a produção de algodão em caroço foi 29,2% e 22,3% superior, respectivamente, às produções dos espaçamentos adensado e convencional na mesma densidade de plantas na linha;
- A precocidade de colheita praticamente não é alterada na cultivar IAC 23, sobretudo com o aumento da população de plantas por área;

- As características agronômicas de laboratório e tecnológicas da fibra não foram alteradas nas populações de plantas estudadas.

ANEXOS

Figura 1 – Balanço hídrico normal para Piracicaba, SP, no período de janeiro/1917 a outubro/2002. Armazenamento = 100 mm. (Rolim et al., 1998).

Figura 2 – Balanço hídrico sequencial para Piracicaba, SP, no período de janeiro a dezembro/2001, durante a condução do experimento. Armazenamento = 100 mm. (Rolim et al., 1998).

Figura 3 – Balanço hídrico sequencial para Piracicaba, SP, no período de janeiro a outubro/2002, durante a condução do experimento. Armazenamento = 100 mm. (Rolim et al., 1998).

Figura 4 – Temperatura média (°C), no período de outubro de 2001 a abril de 2002, durante a condução do experimento e nos últimos cinco anos. Piracicaba, SP.

Figura 5 – Precipitação pluvial (mm), no período de outubro de 2001 a abril de 2002, durante a condução do experimento e nos últimos cinco anos. Piracicaba, SP.

Figura 6 – Radiação Global (cal/cm.d^2), no período de outubro de 2001 a abril de 2002, durante a condução do experimento e nos últimos cinco anos. Piracicaba, SP.

Figura 7 – Insolação (h/d), no período de outubro de 2001 a abril de 2002, durante a condução do experimento e nos últimos cinco anos. Piracicaba, SP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, C.T.; KENNEDY, C.; KHARBOUTLI, B.R.M.; CAPPS, C.; EARNEST, L. Potencial of ultra narrow row cotton in southeast Arkansas. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings.** Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.2, p.1403-1406.
- ATWELL, S.; PERKINS, R.; GUICE, B.; STEWART, W.; HARDEN, J.; ODENEAL, T. Essential steps to successful ultra narrow row cotton production. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Nashville, 1996. **Proceedings.** Memphis: National Cotton Council of America, 1996. v.2, p.1210-1211.
- BADER, M.J.; ROBERTS, P.M.; HARRIS, G.H. UNR cotton studies conducted in Georgia 1999. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Orlando, 2000. **Proceedings.** Memphis: National Cotton Council of America, 2000. v.1, p.436-437.
- BEDNARZ, C.W.; BAKER, S.H.; BROWN, S.M.; BRIDGES, D. Effects pf plant population on growth and development of cotton in south-Georgia. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings.** Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.2, p.1450.

- BEDNARZ, C.W.; BROWN, S.M.; BADER, M.J. Ultra narrow row cotton research in Georgia. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Orlando, 1999. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1999. v.1, p.580.
- BELTRÃO, N.E. de M.; CRISÓSTOMO, J.R.; NÓBREGA, L.B.; SANTOS, E.O. dos; AZEVÊDO, D.M.P. de; VIEIRA, D.J.; GUIMARÃES, P.M.; SILVA, M.J. da. **O algodão e tecnologias disponíveis no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1986. p.62-63.
- BELTRÃO, N.E. de M.; PEREIRA, J.R.; OLIVEIRA, J.N. de. Algodão de elevada densidade (fileiras estreitas), em condições de sequeiro: efeitos na produtividade, nos componentes da produção e na fibra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Resumos**. Campo Grande: UFMS; Campina Grande: EMBRAPA, CNPA; Dourados: EMBRAPA, CPAO, 2001. v.1, p.595-598.
- BEST, E.C.; RINEY, J.B.; KRIEG, D.R. Factors affecting source-sink relations in cotton. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, New Orleans, 1997. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1997. v.2, p.1387-1389.
- BOLONHEZI, A.C.; JUSTI, M.M.; OLIVEIRA, R.C. de; BOLONHEZI, D. Espaçamentos estreitos para variedades de algodão herbáceo: desenvolvimento da planta e retenção de estruturas reprodutivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., Ribeirão Preto, 1999. **Resumos**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1999. p.611-613.
- BUXTON, D.R.; PETTERSON, L.L.; BRIGGS, R.E. Fruiting pattern in narrow-row cotton. **Crop Science**, v.19, p.17-22, 1979.

- CARMI, A. Effects of root zone volume and plant density on the vegetative and reproductive development of cotton. **Field Crops Research**, v.3, n.1, p.25-32, 1996.
- CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATO, E.J.; CIA, E.; KONDO, J.I.; ERISMANN, N. de M. Efeito do espaçamento e da densidade de plantas na cultivar IAC 23. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Resumos**. Campo Grande: UFMS; Campina Grande: EMBRAPA, CNPA; Dourados: EMBRAPA, CPAO, 2001a. v.1, p.642-643.
- CARVALHO, L.H.; SILVA, N.M. da; CHIAVEGATO, E.J.; CIA, E.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I.; FURLANI JÚNIOR, E.; GALLO, P.B.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Efeito do cloreto de mepiquat e do espaçamento em cultivares de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Resumos**. Campo Grande: UFMS; Campina Grande: EMBRAPA, CNPA; Dourados: EMBRAPA, CPAO, 2001b. v.1, p.484-487.
- CAWLEY, N.; EDMINSTEN, K. WELLS, R.; STEWART, A. Evaluation of ultra narrow row cotton in north Carolina. In: PROCEEDINGS BELTWIDE COTTON COFERENCE, Orlando, 1999. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1999. v.1, p.558-559.
- CAWLEY, N.; EDMISTEN, K.L.; STEWART, A.M.; WELLS, R. Evaluation of ultra narrow row cotton in north Carolina. In: PROCEEDINGS BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.2, p.1402-1403.
- EDMISTEN, K.L.; YORK, A.C.; CULPEPPER, A.S.; STEWART, A.M. Optimizing production workshop – ultra narrow row cotton for the southeast. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.1, p.84.

- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO – **Agrianual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002. p.141-154: Algodão.
- FOWLER, J.L.; RAY, L.L. Response of two cotton genotypes to five equidistant spacing patterns. **Agronomy Journal**, v.69, n.5, p.733-738, 1977.
- FUZATTO, M.G.; CIA, E. Algodoeiro: novas cultivares IAC destacam-se pela resistência a doenças. **O Agrônomo**, v.53, n.2, p.19-20, 2001. (Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo).
- GERIK, T.J.; LEMON, R.G.; FAVER, K.L.; HOELEWYN, T.A.; JUNGMAN, M. Performance of ultra-narrow row cotton in central Texas. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.2, p.1406-1409.
- GERIK. T.J.; LEMON, R.G.; STEGLICH, E.M. Ultra-narrow row cotton performance under drought conditions. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Orlando, 1999. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1999. v.1, p.581.
- GERIK. T.J.; LEMON, R.G.; ABRAMEIT, A.; VALCO, T.D.; STEGLICH, E.M.; COTHREN, J.T.; PIGG, J. Using ultra-narrow rows to increase cotton production. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 2000. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 2000. v.1, p.653.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**, 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. p.18-26.

GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; FUZATTO, M.G.; SILVA, N.M. da; FERRAZ, C.A.M.; CARVALHO, N. de; CARVALHO, L.H.; SABINO, N.P.; KONDO, J.J.; PASSO, S.M.G.; CHIAVEGATO, G.I.; CAMARGO, P.P. de; CAVALERI, P.A. **Manual do produtor de algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1992. 158p.

GWATHMEY, C.O. Ultra-narrow-row cotton research in Tennessee. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Nashville, 1996. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1996. v.1, p.68.

GWATHMEY, C.O. Reaching the objectives of ultra-narrow-row cotton. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.1, p.91-92.

HART, W.E.; TOMPKINS, F.D.; MORGAN, T.E.; BRADLEY, J.F. Performance as affected by row spacing and tillage practice. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Antonio, 1995. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1995. v.1, p.689-692.

HAWKINS, B.S.; PEACOCK, H.A. Yield response of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to several spacing arrangements. **Agronomy Journal**, v.62, p.578-580, 1970.

HAWKINS, B.S.; PEACOCK, H.A. Influence of row width and population density on yield and fiber characteristics of cotton. **Agronomy Journal**, v.65, p.47-51, 1973.

HEITHOLT, J.J.; HETTIGREW, W.T.; MEREDITH JUNIOR, W.R. Light interception and lint yield of narrow-row cotton. **Crop Science**, v.32, p.728-733, 1992.

HEITHOLT, J.J.; MEREDITH JUNIOR, W.R.; WILLIFORD, J.R. Comparison of cotton genotypes varying in canopy characteristics in 76-cm vs. 102-cm rows. **Crop Science**, v.36, p.955-960, 1996.

HEITHOLT, J.J. Canopy characteristics associated with deficient and excessive cotton plant population densities. **Crop Science**, v.34, p.1291-1297, 1994.

JONES, M.A.; WELLS, R. Dry matter allocation and fruit patterns of cotton grown at two divergent plant populations. **Crop Science**, v.37, n.3, p.797-802, 1997.

JOST, P.H.; COTHREN, J.T. Is ultra-narrow row earlier than conventionally-spaced cotton? In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, Orlando, 1999a. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1999a. v.1, p.640.

JOST, P.H.; COTHREN, J.T. Ultra-narrow row and conventionally spaced cotton: growth and yield comparisons. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, Orlando, 1999b. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1999b. v.1, p.559.

JOST, P.H.; COTHREN, J.T. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings. **Crop Science**, v.40, p.430-435, 2000.

JOST, P.H.; COTHREN, J.T. Phenotypic alterations and crop maturity differences in ultra-narrow row and conventionally spaced cotton. **Crop Science**, v.41, n.4, p.1150-1159, 2001.

JOST, P.; COTHREN, T.; GERIK, T.J. Growth and yield of ultra-narrow row and conventionally-spaced cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.2, p.1383.

- KERBY, T.A. UNR cotton production system trial in the mid-south. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.1, p.87-88.
- KERBY, T.A.; CASSMAN, K.G.; KEEKEY, M. Genotypes and plant densities for narrow-row cotton system. I. Height, nodes, earliness, and location of yield. **Crop Science**, v.30, p.645-649, 1990.
- KITTOCK, D.L.; SELLEY, R.A.; CAIN, C.J.; TAYLOR, B.B. Plant population and plant height effect on pira cotton lint yield. **Agronomy Journal**, v.78, p.534-538, 1986.
- KRIEG, D.R. Physiological aspects of ultra narrow row cotton production. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Nashville, 1996. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1996. v.1, p.66.
- KRIEG, D.R. Genetics and environmental factors affecting productivity of cotton. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, New Orleans, 1997. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1997. v.2, p.1347.
- LACA-BUENDIA, J.P.C.; FARIAS, E.A. Manejo e tratos culturais do algodoeiro. **Informe Agropecuário**, v.8, n.92, p.50-61, 1982.
- LAMAS, F.M. Estudo da interação espaçamento entre fileiras x época de plantio na cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). Viçosa, 1988. 64p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- LAMAS, F.M.; STAUT, L.A. Espaçamento e densidade. In: EMBRAPA/CNPA. **Algodão**: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA, 1998. p.103-105 (Circular técnica, 7).

- LANDIVAR, J.A.; BENEDICT, J.H. Monitoring system for the management of cotton growth and fruiting. **Texas Agriculture Experimental Station**, Texas: Corpus Christ, 1998. 13p. (Bulletin, B02).
- LANDIVAR, J.A.; DONATO, M.C. Cultivo intenso. **Cultivar**, v.23, p.43-45, 2000.
- MARTIN, J. Primeiros ensaios Coodetec-Cirad com espaçamentos ultra-estreitos em Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Resumos**. Campo Grande: UFMS; Campina Grande: EMBRAPA, CNPA; Dourados: EMBRAPA, CPAO, 2001. v.1, p.662-664.
- MAAS, S.J. Competition among equally-spaced cotton plants growth at four plant population densities. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, New Orleans, 1997. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1997. v.2, p.1485-1487.
- MORESCO, E.R.; FARIAS, F.J.C.; SOUZA, M. de; AGUIAR, P.H.; MARQUES, M.F.; TAKEDA, C. Influência da densidade e do espaçamento na produtividade do algodoeiro herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE ALGODÃO, 2., Ribeirão Preto, 1999. **Resumos**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1999a. p.629-631.
- MORESCO, E.R.; FARIAS, F.J.C.; SOUZA, M. de; MARQUES, M.F.; TAKEDA, C. Influência da densidade e do espaçamento na produtividade do algodoeiro herbáceo. I. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE ALGODÃO, 2., Ribeirão Preto, 1999. **Resumos**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1999b. p.632-633.

- NÓBREGA, B.N. da; VIEIRA, D.J.; BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. de. Hormônios e reguladores de crescimento e desenvolvimento. In: BELTRÃO, N.E. de M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicações para Transferência de Tecnologia, 1999. v.2, p.587-602.
- NÓBREGA, L.B. da; BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, J.V.; DINIZ, M.S.; AZEVEDO, D.M.P. de. Influência do arranjo espacial de plantio e da época de remoção da gema apical em algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.12, p.1379-1384, 1993.
- PASSOS, S.M.G. **Algodão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 424p.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1987. 1v. (Boletim técnico, 114).
- PERKINS, W.R. Three year overview of UNRC vs. conventional cotton. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.1, p.91.
- PRINCE, W.B.; LIVINGSTON, C.W.; LANDIVAR, J.A. Effects of population, variety and row spacing on cotton growth, lint yield and fiber quality in the coastal plains of south Texas. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Orlando, 1999. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1999. v.1, p.615.
- REEVES, W. Sistemas de preparo conservacionistas para algodão. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., Foz do Iguaçu, 2000. **Resumos**. Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p.90-93.

RIGHI, N.R.; FERRAZ, C.A.M.; CORRÊA, D.M. VII Cultura. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo, 1965. p.255-317.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT user's guide. 1985. **Statistics**, Statistics Cary, 1985.

SILVA, A.V. Espaçamentos X densidades de semeadura: efeitos nas plantas, nos capulhos e na produção de duas cultivares de algodoeiro. Londrina, 2000. 23p. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Londrina.

SMART, J.R. Reduced herbicide rates with narrow row cotton. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, New Orleans, 1993. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1993. v.3, p.1514-1516.

STAUT, L.A.; LAMAS, F.M. Arranjo de plantas e época de semeadura para a cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE ALGODÃO, 2., Ribeirão Preto, 1999. **Resumos**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1999. p.649-651.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Impressão Universitária, 1991. p.395-399.

WEIR, B.L. Narrow row cotton distribution and rationale. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, Nashville, 1996. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1996. v.1, p.65-66.

WILLIFORD, J.R. Production of cotton on narrow row spacing. **Transactions of the ASAE**, v.35, n.3, p.1109-1112, 1992.

WILLIFORD, J.R.; RAYBURN, S.T.; MEREDITH JUNIOR, W.R. Evolution of a 76-cm row for cotton production. **Transactions of the ASAE**, v.29, p.1544-1548, 1986.

WRIGHT, S.D.; VARGAS, R.; WEIR, B.; MUNK, D.; ROBERTS, B.; HUTMACHER, B.; MARTIN-DUVALL, T.M.; KEELEY, M.; BANUELOS, G.; JIMENEZ, M.R. Effect of planting date and density on San Joaquin Valley cotton. In: BELTWIDE COTTON COFERENCE, San Diego, 1998. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council of America, 1998. v.2, p.1451.

YAMAOKA, R.S.; PIRES, J.R.; ALMEIDA, W.P. de. Efeito da densidade de plantas de algodoeiro sobre a inserção de ramos frutíferos. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 2., Salvador, 1982. **Resumos**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1982. p.109.

YAMAOKA, R.S.; ALMEIDA, W.P. de; PIRES, J.R.; MARUR, C.J.; NAGASHIMA, G.; SILVA, A.V. Comportamento de cultivares IPR 95 e Coodetec 401 ao adensamento de plantio do algodoeiro no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., Campo Grande, 2001. **Resumos**. Campo Grande: UFMS; Campina Grande: EMBRAPA, CNPA; Dourados: EMBRAPA, CPAO, 2001a. v.1, p.609-611.