

**PLASTICIDADE DA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)  
EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS**

**LÍLIA SICHMANN HEIFFIG**

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

**PLASTICIDADE DA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)  
EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS**

**LÍLIA SICHMANN HEIFFIG**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA**

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**

Heffig, Lília Sichmann

Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais / Lília Sichmann Heffig. -- Piracicaba, 2002.

85 p. : il.

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

Bibliografia.

1. Espaçamento 2. Densidade da planta 3. População de plantas 4. Produtividade agrícola 5. Soja I. Título

CDD 633.34

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

A Deus

À minha família,

em especial à minha mãe, Lília Sichmann

e filhos, Karoline e Eduardo André.

### **Ofereço e Dedico**

“O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto.”

Thomas Huxley

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos às pessoas e instituições que tornaram possível a realização deste trabalho:

Ao Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara pela valiosa amizade, orientação, paciência, apoio, por ensinar que a pesquisa é algo de valor, algo que entregamos ao futuro de nosso país e nossos filhos;

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sônia Maria Estéfano Piedade pela ajuda na execução e interpretação das análises estatísticas;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ – Ananias Ferreira Sousa, César Renato Galvão Desiderio, Wilson Góes da Silva, Cláudio do Espírito Santo Ferraz, Osvaldo de Jesus Pelissari, Claudinei Martins Valério, José Soares de Almeida, José dos Reis Lopes, João Rodrigues, Edson Ademir de Moraes, Edson Roberto Teramoto, Adilson de Jesus Teixeira, Adilson Aparecido Dias, Antonio Pereira de Andrade, Daniel Luiz Theodoro, Laerte Tiberio, Rodrigo Camargo Campos, Marcelo Valente Batista, Celestino Alves Ferreira, pela amizade, convivência e contribuição na instalação e condução deste experimento;

À Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> responsável pelo Laboratório de Sementes – Helena Maria C. Pescarin Chamma e às secretárias do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ – Sílvia Borghesi e Maria Aparecida Soledade;

Aos colegas pós-graduandos pela amizade, em especial Mônica Cagnin Martins, Eros Artur Bohac Francisco e Cláudio Roberto Segatelli;

Aos estagiários do Grupo de Pesquisas em Oleaginosas (GPO), Daniel Botelho Pedroso, Luciana Aparecida Marques, Fernando Ferraz Barros, Samuel Sadao Nacamura, Melissa Pin Luchetti, Márcia Moreira Ayres de Souza, Fábio Jordão Rocha, Marcos Antonio Mattos, Luciana Montebello de Oliveira, Renato Nogueira Rodrigues Alves Filho;

À Coordenação do curso em Fitotecnia e aos professores do curso pela colaboração e apoio;

À ESALQ que me concedeu a oportunidade de aprender e de aperfeiçoar;

À FAPESP, pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro ao experimento.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	viii
SUMMARY .....	x
1 INTRODUÇÃO .....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	03
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1 Local e Época da Realização do Experimento .....	11
3.2 Características e Manejo do Solo .....	11
3.3 Cultivar .....	12
3.4 Monitoramento do Crescimento das Plantas .....	13
3.5 Instalação do Experimento .....	13
3.6 Condução do Experimento .....	13
3.7 Colheita do Experimento .....	14
3.8 Delineamento e Unidade Experimental .....	14
3.9 Características Avaliadas .....	18
3.9.1 Estande inicial .....	18
3.9.2 Tempo de fechamento de entrelinhas .....	19
3.9.3 Índice de área foliar .....	19
3.9.4 Características agronômicas finais .....	19
3.9.4.1 Altura final de planta .....	19
3.9.4.2 Altura de inserção da primeira vagem .....	20
3.9.4.3 Número de ramificações .....	20

3.9.4.4 Estande final .....	20
3.9.4.5 Grau de acamamento .....	20
3.9.4.6 Número de vagens chochas e número de grãos por vagem .....	20
3.9.4.7 Número total de vagens .....	20
3.9.4.8 Número total de grãos .....	21
3.9.4.9 Produtividade agrícola .....	21
3.9.4.10 Massa de 1000 grãos .....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1 Considerações Iniciais .....	25
4.1.1 Sobre o solo da área experimental e o ano agrícola 2001/2002 .....	25
4.1.2 Sobre os resultados da análise estatística .....	28
4.2 Tempo de Fechamento das Entrelinhas .....	29
4.3 Índice de Área Foliar .....	40
4.4 Características Agronômicas .....	50
4.5 Massa de 1000 Grãos e Produtividade Agrícola .....	60
4.6 Correlações Estatísticas .....	65
5 CONCLUSÕES .....	68
ANEXOS .....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
APÊNDICES .....	82



**AVALIAÇÃO DA PLASTICIDADE DA CULTURA DA SOJA  
(*Glycine max* (L.) Merrill) SOB O EFEITO DA VARIABILIDADE DE  
ARRANJOS ESPACIAIS.**

Autora: LÍLIA SICHMANN HEIFFIG

Orientador: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

**RESUMO**

O presente experimento teve por objetivos, avaliar a maneira como a planta de soja se adapta a diferentes arranjos espaciais (plasticidade) e identificar o arranjo espacial que melhor represente ou possibilite associar o manejo do cultivar MG/BR 46 (Conquista) com alta produtividade agrícola. O experimento foi conduzido em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba - SP, durante o ano agrícola de 2001/2002. Os tratamentos constaram de diferentes arranjos espaciais, variando-se e combinando-se 6 níveis do fator espaçamento entre linhas (0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60 e 0,70 m) e 5 níveis do fator densidade de plantas na linha visando as populações de 70.000; 140.000; 210.000; 280.000 e 350.000 plantas/ha, totalizando 30 tratamentos, delineados em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e com três repetições. As características avaliadas foram: tempo de fechamento de entrelinhas; índice de área foliar; altura final de planta; altura de inserção da primeira vagem; número de ramificações; número de vagens por planta; número de grãos por planta; grau de acamamento; massa de 1000 sementes e

produtividade agrícola. As principais conclusões são: a) o cultivar MG/BR 46 (Conquista), cultivado em linhas espaçadas entre si de 0,20 a 0,60 m, apresenta índice de área foliar máximo no estágio fenológico correspondente ao início da granação das vagens ( $R_5$ ); b) o número de vagens é o mais importante componente da produção por planta, por ser diretamente influenciado pelo arranjo populacional das plantas na área de produção; c) o cultivar MG/BR 46 (Conquista) apresenta ampla plasticidade, ajustando os seus componentes de produção aos diferentes arranjos espaciais, sem que ocorram significativas diferenças de produtividade; d) para cada combinação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas na linha existe uma população de plantas mais bem ajustada, que possibilita maior produtividade de grãos.

**EVALUATION OF THE PLASTICITY OF SOYBEAN**  
**(*Glycine max* (L.) Merrill) UNDER EFFECT OF VARIABILITY OF SPACE**  
**ARRANGEMENTS**

Author: LÍLIA SICHMANN HEIFFIG

Adviser: Prof. Dr. GIL MIGUEL DE SOUSA CÂMARA

**SUMMARY**

This research had as purposes to evaluate the soybean plant adaptations (plasticity) to different space arrangements and identify the best space arrangements for higher yields of cultivar MG/BR 46 (Conquista). The experiment was carried out at the experimental fields of Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ), São Paulo State University, in Piracicaba-SP, during the 2001/2002 growing season. The 30 treatments consisted of different space arrangements, combining 6 row spacing (0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m) with 5 different population (70.000; 140.000; 210.000; 280.000; 350.000 plants/ha), in a complete randomized blocks design with subdivided plots and three replications. The evaluated characteristics were: time to achieve closed canopy; leaf area index; final plant height; height of the first pod; number of branches per plant; number of pods per plant; number of grains per plant; lodging; mass of 1,000 grains and yield. The main conclusions are: a) the cultivar MG/BR – 46 (Conquista) cultivated under 0,20 to 0,60 m row spacing shows a leaf area index maximum at the begging of seed-filling stage (R<sub>5</sub>); b) the number of pods is the best related component to

yield per plant, being directly influenced by plant population; c) the cultivar MG/BR – 46 (Conquista) presents wide plasticity, adjusting its yield components to the different space arrangements, without significant yield changes; d) for each row spacing there is a better plant population to achieve higher yield.

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), constitui-se em um dos principais cultivos da agricultura mundial e brasileira, devido ao seu potencial produtivo e a sua composição química e valor nutritivo, que lhe confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e/ou animal, com relevante papel sócio-econômico, além de se constituir em matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais.

Atualmente, o Brasil dispõe de cultivares de soja com potenciais de produtividade de até 6.000 kg de grãos por hectare. Além de cultivares, dispõe-se de tecnologia avançada para a produção de grãos e de sementes. Entretanto, devido a uma série de fatores relacionados à planta, ao ambiente e às práticas de manejo, ainda depara-se com níveis de produtividade abaixo da média nacional, que se encontra ao redor de 2.600 kg/ha.

O potencial de rendimento da soja é determinado geneticamente e quanto deste potencial vai ser atingido, depende do efeito de fatores limitantes que estarão atuando em algum momento durante o ciclo da cultura. O efeito desses fatores pode ser minimizado pela adoção de um conjunto de práticas de manejo que faz com que a comunidade de plantas tenha o melhor aproveitamento possível dos recursos ambientais.

A soja apresenta características de alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes do rendimento. A forma com que tais modificações ocorrem pode estar relacionada com fatores como altitude, latitude, textura do solo, fertilidade do solo, época de semeadura, população de plantas e espaçamento entrelinhas, sendo importante o conhecimento das interações entre estes, para definição

do conjunto de práticas que traria respostas mais favoráveis à produtividade agrícola da lavoura.

Ao longo dos anos 90, programas nacionais de melhoramento genético de soja desenvolveram cultivares com maior potencial de produtividade e mais exigentes em ambiente e manejo. Uma das características desses novos cultivares é o maior número de vagens por planta, devido a maior capacidade de ramificação das mesmas.

Recentemente, como estratégia para redução dos custos de produção, alguns produtores vêm diminuindo o espaçamento entre as linhas da cultura, de maneira a aumentar a eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas e reduzir as doses e o número de aplicações de herbicidas de ação pós-emergente. Ao reduzir o espaçamento entrelinhas com esses novos genótipos, sem o devido ajuste da densidade de plantas na linha, o produtor poderá estar contribuindo para o acamamento da cultura. Por outro lado, se o ajuste da densidade resultar em poucas plantas por metro, os cultivares poderão crescer menos em altura e ramificar mais, porém, com maior probabilidade de aumentar as perdas de colheita, reduzindo a produção.

Dessa forma, a faixa populacional de 300.000 a 400.000 plantas de soja por hectare, oficialmente recomendada para o Brasil desde os anos 80, em algumas regiões vem diminuindo para valores entre 200.000 e 300.000 plantas por hectare, ora mantendo, ora perdendo produtividade, conforme a combinação dos fatores cultivar, época de semeadura e população de plantas (espaçamento x densidade de plantas), adotada pelo produtor.

Em função dos fatos expostos, desenvolveu-se o presente trabalho, cujos principais objetivos foram avaliar a maneira como a planta de soja se adapta a diferentes arranjos espaciais (plasticidade) e identificar o arranjo espacial que melhor representasse ou possibilitasse associar o manejo de um cultivar, como o MG/BR 46 (Conquista) com alta produtividade agrícola.

As hipóteses do presente projeto são que (i) a cultura da soja apresenta alta plasticidade e (ii) que para cada combinação “espaçamento entre linhas x densidade de plantas na linha”, existe um valor ótimo para população de plantas que possibilita maior produtividade de grãos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Altas produtividades só são obtidas quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da soja. Porém, para que se obtenham tais produtividades, é necessário conhecer práticas culturais compatíveis com produção econômica, aplicáveis para maximizar a taxa de acúmulo de matéria seca no grão (Ritchie et al., 1994). Para isto, é importante que o produtor conheça a planta e seus diferentes estádios de desenvolvimento, para que possa avaliar o desempenho da soja e adotar práticas culturais específicas nos estádios em que há maior possibilidade da planta responder favoravelmente (Câmara, 1998a e 1998b).

As principais práticas culturais a serem consideradas visando o melhor desenvolvimento da cultura são: a semeadura na época recomendada para a região de produção, a escolha dos cultivares mais adaptados a essa região, o uso de espaçamentos e densidades adequados a esses cultivares, o monitoramento e controle das plantas daninhas, pragas e doenças, além da redução ao mínimo das possíveis perdas de colheita (Ritchie et al., 1994).

A combinação da densidade de plantas na linha com o espaçamento entre linhas define a população de plantas da cultura, a qual influencia algumas características agronômicas da planta de soja (Urban Filho & Souza, 1993), bem como, pode modificar a produção de grãos (Lam-Sanchez & Veloso, 1974a). A melhor população de plantas, de acordo com Val et al. (1971), Martins (1999), Gaudêncio et al. (1990) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2000), depende da região, da época de semeadura e do cultivar.

A população é fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Dessa forma, a melhor população de

plantas deve possibilitar além da alta produtividade agrícola, altura de planta e de inserção de primeira vagem adequada a colheita mecanizada e plantas que não acamem (Reis et al., 1977; Gaudêncio et al., 1990). Estas características agronômicas são influenciadas pelo espaçamento e densidade de semeadura, como comprovado em vários trabalhos (Lam-Sanchez & Veloso, 1974a e 1974b; Reis et al., 1977; Rosolem et al., 1983; Nakagawa et al., 1986a e 1986b; Nakagawa et al., 1987).

Teoricamente, para uma planta atingir o seu potencial máximo de produção, é necessário que, além de encontrar as melhores condições de solo e clima, sofra o mínimo de competição. Estudos do arranjo de plantas com novas disposições na lavoura permitem minimizar a competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais. As modificações no arranjo podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas dentro da linha de semeadura e da distância entre linhas (Pires et al., 1998).

A soja tolera uma ampla variação na população de plantas, alterando mais sua morfologia que o rendimento de grãos (Barni et al., 1985; Gaudêncio et al., 1990). A menor resposta da soja à população se deve à sua capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas (Peixoto et al., 2000).

A população de plantas recomendada para a cultura da soja situa-se em torno de 400 mil plantas por hectare ou 40 plantas por  $m^2$ . Variações de 20 a 25%, para mais ou para menos, não alteram, significativamente, o rendimento de grãos, para a maioria dos casos, desde que as plantas sejam distribuídas uniformemente (Embrapa, 2000).

O uso de populações de plantas muito acima da recomendada, além de não proporcionar acréscimos no rendimento de grãos, pode acarretar riscos de perdas por acamamento e aumento do custo de produção. Por outro lado, densidades muito baixas resultam em plantas de baixo porte, menor competição da soja com as plantas daninhas e maiores perdas na colheita (Câmara, 1998a).

Recomenda-se semear a soja em fileiras ou linhas espaçadas de 40 a 60 cm. Espaçamentos mais estreitos que 40 cm resultam em fechamento mais rápido da cultura, contribuindo para o controle das plantas daninhas, mas não permitem o cultivo mecânico nas entre linhas (Embrapa, 2000).



Para uma população fixa, a produção por planta decresce quando se aumenta a densidade de plantas na linha e se aumenta o espaçamento entre linhas. Isto ocorre em razão da maior competição entre plantas dentro de uma mesma fileira, resultando em uma tendência à menor produção por unidade de área (Câmara, 1998a; Peluzio et al., 2000). O componente da produção mais afetado é o número de vagens por planta, em consequência da redução do número de ramos. Sendo que o componente, número de vagens por planta, varia inversamente ao aumento ou redução da população (Peixoto et al., 2000). Verifica-se ainda, aumento no porte de plantas, na altura de inserção das primeiras vagens, redução no diâmetro do caule e no porte da planta, resultando num aumento no grau de acamamento (Arantes & Souza, 1993; Câmara, 1998a; Organization de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentation – FAO, 1995).

Queiroz (1975), em pesquisa com quatro cultivares de soja em cinco populações (10, 30, 50, 70 e 90 plantas  $m^2$ ), verificou para todos os cultivares que o aumento da população de plantas diminui o número de vagens produzidas por planta, enquanto o número de grãos por vagem se mantém.

Vários experimentos demonstram que a responsividade da soja à variação no espaçamento e na densidade de plantas pode variar de acordo com as condições do ambiente e também em função do cultivar a ser utilizado (Peixoto et al., 2000).

Segundo Egli et al. (1987) e Thomas et al. (1998), existe relação linear entre rendimento de grãos e matéria seca acumulada pela comunidade de plantas de soja até o início de enchimento de grãos, sendo que acima de 500 g  $m^2$  de matéria seca nesse estágio estabiliza-se o rendimento.

Muitos trabalhos, nos quais foram utilizados espaçamentos com amplitude de 17 até 100 cm entre linhas, têm mostrado desde a não ocorrência de respostas até 40% de acréscimo no rendimento, devido à redução no espaçamento entre linhas na cultura da soja (Lehman & Lambert, 1960<sup>1</sup>, citado por Pires et al., 1998; Cooper, 1977; Costa et al., 1980; Doss & Turlow, 1974; Udoguchi & McCloud, 1987; Taylor, 1980).

---

<sup>1</sup> LEHMAN, W. F.; LAMBERT, J. W. Effect of spacing of soybean plants between and within rows on yield and its components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, n. 1, p. 84 - 86, 1960.

As respostas, em produtividade, à densidade populacional, dependem se o produto agrícola é resultado do crescimento vegetativo ou do crescimento reprodutivo. Isto porque existem duas situações: uma, cujo produto de valor econômico é a própria planta (produção vegetativa) e outra, para aquelas que apresentam um órgão específico com importância comercial. No primeiro caso, a produtividade econômica é a produtividade biológica da cultura (fitomassa total por área), que responde em curva assintótica ao aumento da densidade, tendendo a um valor teto, que se mantém independente do número de plantas por área, se não houver acamamento (Holliday, 1960<sup>2</sup>, citado por Peixoto, 1998). No segundo caso, onde apenas parte da planta tem importância econômica (crescimento reprodutivo de sementes ou grãos), o número de plantas por área tem efeito parabólico sobre a produtividade por área. Para tais culturas, a produtividade aumenta com o aumento da densidade, até um valor máximo, decrescendo em seguida (Duncan, 1984 e 1985). O número ótimo de plantas é aquele que corresponde à máxima produtividade econômica, porém a produtividade biológica dessas culturas também apresenta relação assintótica quando relacionada com a população (Donald & Hamblin, 1976).

Alguns resultados experimentais sugerem que, normalmente, a máxima produção de grãos, coincide com a densidade populacional que determina a estabilização de crescimento de produção biológica (matéria seca). Acontece que a produtividade econômica é uma fração da produtividade biológica. Tal fração representa o índice de colheita (Donald, 1963<sup>3</sup>, citado por Peixoto, 1998). Esse índice decresce com o aumento na população, em virtude de adaptações morfológicas que ocorrem com as plantas (Pereira, 1989).

Inúmeros estudos (Donald & Hamblin, 1976) mostram que, ao longo do tempo, a produtividade biológica tem-se mantido constante. No entanto, a produtividade econômica tem aumentado continuamente em função do aumento do índice de colheita. Seleção de plantas que alocam maior proporção de material em órgãos de importância

---

<sup>2</sup> HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. *Nature*, v. 186, p. 22 - 24, 1960.

<sup>3</sup> DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*, v. 15, p. 1 - 118, 1963.

econômica tem sido responsável por essa tendência (Donald, 1963; Donald & Hamblin, 1976; Duncan et al., 1978; Peixoto, 1998).

Um dos objetivos da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entre linhas, é encurtar o tempo para a cultura interceptar 95% da radiação solar incidente, e com isso, incrementar a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (Board & Harville, 1992; Shaw & Weber, 1967).

O rendimento máximo que pode ser alcançado pela soja é determinado pela otimização da capacidade da planta de acumular um mínimo de matéria seca e/ou de maximizar a interceptação da radiação solar durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais, sendo esse acúmulo de matéria seca dependente de muitos fatores como condições meteorológicas, data de semeadura, genótipo, fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas (Wells, 1991 e 1993).

A radiação solar é elemento primordial na exploração agrícola, e a máxima exploração da energia solar, ou seja, sua transformação e fixação na forma de substâncias fotossintetizadas é o que se busca na agricultura. Para que a energia disponível seja utilizada intensamente é necessário que haja a sua interceptação em alto grau e que as plantas apresentem grande eficiência em transformá-la e fixá-la (Barni & Bergamaschi, 1981).

A quantidade de radiação que é interceptada por uma cultura é função da intensidade da energia radiante que incide sobre a comunidade vegetal, do coeficiente de extinção da cultura e do índice de área foliar. A intensidade da radiação incidente é determinada pelas características do local (latitude, ângulo de exposição), pela hora do dia, pela nebulosidade e pela época do ano (Barni & Bergamaschi, 1981).

O coeficiente de extinção ou de absorção de uma cultura é resultante da arquitetura das plantas. Este aspecto é de particular interesse em programas de melhoramento, em que se dará preferência a plantas com menor coeficiente de extinção da luz, na busca de uma melhor distribuição da radiação no perfil da comunidade vegetal, diminuindo os efeitos da competição intraespecífica. É mais interessante que um grande número de folhas de cada planta receba uma intensidade não muito alta de radiação, do que apenas as folhas superiores recebam uma quantidade acima da

saturação e as folhas inferiores permaneçam em condições de sombreamento (Barni & Bergamaschi, 1981).

A capacidade de uma comunidade de plantas produzir matéria seca dependerá, em último caso, do grau de exploração da radiação solar. A fotossíntese líquida poderá ser máxima quando a folhagem for densa o suficiente, para impedir que a luz solar chegue até o solo e não haja competição entre as folhas mais próximas da base. O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo que ela ocupa, variando de acordo com espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta (Müller, 1981; Câmara & Heiffig, 2000).

O índice de área foliar depende do estágio de desenvolvimento da cultura e da densidade de plantas. Nos primeiros estádios da cultura, a área foliar é pequena, com grandes perdas de radiação que atinge diretamente o solo. Com o desenvolvimento da cultura e, por conseguinte, da área foliar, a interceptação da radiação atingirá um máximo, sem haver ainda problemas de sombreamento das folhas inferiores. A partir desse ponto, quando começa a ocorrer o autossombreamento, as folhas inferiores tornam-se deficitárias em termos de fotossíntese líquida, tendendo a uma estabilização no que diz respeito a acréscimo de área foliar e de intensidade de acúmulo de matéria seca (Barni & Bergamaschi, 1981).

Board & Harville (1994) e Ventimiglia et al. (1999), mostram que a redução da distância entre as linhas aumenta o número de legumes por  $m^2$ , pela maior interceptação de luz entre os estádios  $R_1$  (início do florescimento) e  $R_5$  (início do enchimento de grãos). Entretanto, esta maior interceptação de luz não acarreta em maiores índices de área foliar e matéria seca (Taylor, 1980, citado por Thomas et al., 1998).

Quando o IAF aumenta, também aumenta a interceptação de luz e conseqüentemente, a fotossíntese líquida, até um valor crítico. O “IAF crítico” é definido como a quantidade de folha requerida para interceptar 95% da radiação solar ao meio dia. Quando a taxa de crescimento decresce abaixo de um dado IAF, não havendo mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizados, este será denominado de

“IAF ótimo”(Müller, 1981). Watson (1958)<sup>4</sup>, citado por Peixoto (1998), verificou que as culturas produzem consideravelmente mais área foliar, do que seria requerido para atingir-se o valor crítico. Em plantas de soja, a produção de matéria seca não declinou a IAF maiores que o necessário para a completa interceptação da luminosidade, isto é, não foi estabelecido um “IAF ótimo”(Shibles & Weber, 1965).

Outros fatores podem estar relacionados com a redução no espaçamento, como a maior eficiência no uso da água devido à menor evaporação, melhor exploração da fertilidade do solo e maior capacidade de competição com plantas daninhas (Pires et al., 1998). O menor espaçamento entre plantas reduz a interferência da planta daninha sobre a cultura (Gazziero & Souza, 1992).

Orwick & Schreiber (1979)<sup>5</sup>, citados por Gazziero & Souza, 1992, mostraram que a soja cultivada no espaçamento de 0,38 m geralmente resulta em maior produção de grãos do que no espaçamento de 0,76 m, num campo infestado com caruru (*Amaranthus retroflexus*) e setaria (*Setaria viridis*).

A densidade de sementes na linha também afeta a interferência da planta daninha sobre a cultura, da mesma maneira que o espaçamento entre linhas, ou seja, quanto maior a densidade de plantas, maior a capacidade competitiva. A competição da cultura não elimina o problema das plantas daninhas, mas é um fator importante para um sistema integrado. A soja semeada em espaçamentos menores (0,20 a 0,40 m entre linhas) controla melhor as plantas daninhas do que aquela semeada de 0,50 a 0,80 m (Gazziero & Souza, 1992).

Trabalhos com variações no arranjo de plantas de soja devem levar em consideração a grande plasticidade, que consiste na capacidade da planta alterar sua morfologia e componentes do rendimento (número de grãos/vagem, número de vagens/m<sup>2</sup> e peso de grão), a fim de adequá-los ao espaço disponível e à condição de

---

<sup>4</sup> WATSON, D. J. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. **Annals of Botany**, v. 22, p. 38 - 54, 1958.

<sup>5</sup> ORWICK, P. L.; SCHREIBER, M. M. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and robust foxtails (*Setaria viridis*) in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, n. 27, p. 665 - 674, 1979.

competição imposta pelo arranjo de plantas (Pires et al., 2000). O número de vagens/m<sup>2</sup> é o componente do rendimento que mais sofre modificações (maior plasticidade) pela utilização de práticas de manejo diferenciadas, uma vez que os outros dois componentes possuem controle genético e por isso apresentam pequena amplitude de variação (Cooperative, 1994; Thomas et al., 1998).

A redução no espaçamento entre linhas pode acarretar modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas, fechamento da área da entrelinha (Scott & Aldrich, 1975), área foliar e índice de área foliar, que podem resultar em aumento no rendimento de grãos (Pires et al., 1998).

A alteração da área foliar devido à densidade de população e tipo de planta aumenta a percentagem de interceptação da radiação solar e o acúmulo de matéria seca a um valor máximo, à medida que a área foliar aumenta (Porras et al., 1997).

As maiores vantagens observadas com a redução do espaçamento, em relação aos comumente utilizados (40 a 50 cm), são verificadas em semeaduras tardias com a utilização de cultivares precoces (Johnson et al., 1982) e em solos com fertilidade em níveis adequados (Vertimiglia, 1996).

Cooper (1977) obteve acréscimos de 10 a 20 % no rendimento de grãos de soja com espaçamentos entre linhas de 17 cm, quando comparados àqueles obtidos em espaçamentos de 50 e 70 cm, na média de cultivares precoces e tardios. Entretanto, cultivares precoces respondem mais ao espaçamento entre linhas de 17 cm, com acréscimos no rendimento de grãos de 30 a 40 %, em relação aos cultivares tardios.

Estudando a soja nos estádios fenológicos R<sub>2</sub> (florescimento), R<sub>5</sub> (início de enchimento de grãos) e R<sub>8</sub> (maturação), Ventimiglia et al. (1999), verificou que o conteúdo de P no solo e o espaçamento entre linhas influenciaram o potencial de rendimento nos estádios R<sub>2</sub> e R<sub>5</sub>, e o rendimento real obtido em R<sub>8</sub>, sendo que os maiores rendimentos foram constatados em linhas espaçadas de 20 cm, superiores àqueles observados no espaçamento de 40 cm.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e Época da Realização do Experimento

O experimento foi realizado em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba - SP, localizada a 22° 41’ 30’’ de latitude Sul, 47° 38’ 30’’ de longitude Oeste e 546 m de altitude. A instalação do experimento ocorreu em 4 de dezembro de 2001, colhendo-se as parcelas em 26 de abril de 2002.

#### 3.2 Características e Manejo do Solo

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argiloso, profundo, com boa drenagem e textura muito argilosa, contendo 620 g kg<sup>-1</sup> de argila total, 110 g kg<sup>-1</sup> de silte e 270 g kg<sup>-1</sup> de areia. As características químicas desse solo foram determinadas no Laboratório de Análises Químicas de Solo do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP a partir da amostragem do mesmo (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química do solo da área experimental

Prof. (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V (%)
								mmolc dm <sup>-3</sup>			
00-20	5,2	28	11,7	4,0	42	35	0	35	81,0	116,0	70
20-40	5,1	24	6,3	1,5	40	35	0	42	76,5	117,5	65

A adubação de base ou de sementeira foi dimensionada em função dos resultados da análise química e da produtividade do cultivar, estimada para 2.500 kg/ha. Aplicou-se o equivalente a 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula fertilizante 00-20-20, correspondendo a 60 kg de

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg K<sub>2</sub>O, tendo-se como fontes, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio foi fornecido através da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> via inoculação das sementes com inoculante turfoso, na dose equivalente a 250 g por 50 kg de sementes.

### 3.3 Cultivar

Foi utilizado o cultivar MG/BR - 46 (Conquista), atualmente recomendado para as regiões produtoras de soja do Estado de São Paulo, cujas principais características são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Principais características da cultivar de soja MG/BR - 46 (Conquista)

Características	MG/BR - 46 (Conquista)
Ciclo (dias)	126 - 140
Ciclo (classificação)	Médio (SP)
Altura de planta (cm)	80 a 100 cm
Hábito de crescimento	Determinado
Cor do hipocótilo	Verde arroxeadado
Cor da flor	Roxa
Cor da pubescência	Marrom
Cor do tegumento	Amarelo
Cor do hilo	Preto
Peso médio (100 sementes)	15,8 g
Época de semeadura recomendada	15 de outubro a 20 de dezembro
Reação ao cancro da haste	Resistente
Reação a <i>Cercospora kikuchii</i>	Susceptível
Reação a <i>Septoria glycines</i>	Susceptível
Reação a <i>Microsphaera diffusa</i>	Resistente
Reação ao <i>Meloydogine javanica</i>	Tolerante
Reação a <i>Meloydogine incognita</i>	Tolerante

Fonte: Embrapa (2000).



### 3.4 Monitoramento do Crescimento das Plantas

O acompanhamento dos principais estádios fenológicos das plantas de soja fundamentou-se na Escala Fenológica da Soja elaborada e divulgada por Fehr & Caviness (1977), traduzida por Câmara (1998b).

### 3.5 Instalação do Experimento

Em solo preparado convencionalmente, as parcelas foram instaladas por meio de sulcação e semeadura manuais. Previamente, estacas de bambu foram colocadas para a demarcação das extremidades de cada linha a ser semeada, respeitando-se em cada parcela, o respectivo sorteio do espaçamento entrelinhas. Com o auxílio de uma corda guia direcionada pelas estacas, os sulcos de adubação e semeadura foram abertos manualmente por meio de sachos (Figuras 1 e 2).

A profundidade de sulcação foi de aproximadamente 0,10 m para distribuição manual dos fertilizantes a serem aplicados na adubação de base. Após a distribuição do adubo, foi promovida a mistura deste com a terra do fundo do sulco, para evitar o contato direto das sementes com as partículas de fertilizante.

Em seguida, as sementes previamente tratadas com fungicida e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, foram distribuídas manualmente no fundo dos sulcos, por meio de régua de semeadura, respeitando-se para cada parcela, a respectiva densidade de semeadura sorteada. Feita a semeadura a 0,05 m de profundidade, os sulcos foram cobertos com terra (Figuras 3, 4, 5 e 6).

A adubação de base foi dimensionada de acordo com a análise química do solo. O fungicida utilizado no tratamento das sementes de soja foi o thiran + thiabendazole, na dose recomendada de 70 + 17 g de i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente. Como a área experimental possui histórico de soja inoculada, as sementes receberam inoculante turfoso esterilizado na dose equivalente a 400 g/ 40 kg de sementes.

### 3.6 Condução do Experimento

Uma vez instalada, a área experimental foi sistematicamente monitorada por meio de visitas rotineiras para a coleta de dados. Na medida em que foram necessários,

foram adotados os tratos culturais e o controle fitossanitário recomendados para a condução da cultura da soja (Figura 7).

### **3.7 Colheita do Experimento**

Identificada a maturidade de campo e realizadas as últimas coletas de dados, foi providenciada a colheita das áreas úteis de cada parcela, por meio de roçadora costal motorizada munida de disco rotativo com 80 dentes. As plantas cortadas foram enfeixadas, etiquetadas e encaminhadas para a trilha mecanizada (Figuras 8, 9, 10 e 11). Posteriormente, as sementes foram limpas e acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório para determinação da produtividade agrícola.

### **3.8 Delineamento e Unidade Experimental**

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e repetidas três vezes, constando de seis níveis do fator espaçamento entre linhas (parcelas) e cinco níveis do fator densidade de plantas na linha visando populações de plantas pré-determinadas (subparcelas), resultando em 30 arranjos espaciais (tratamentos) descritos a seguir:

- T1 = Espaçamento entrelinhas de 0,20 m e densidade de 1,4 plantas/m (70.000 plantas/ha);
- T2 = Espaçamento entrelinhas de 0,20 m e densidade de 2,8 plantas/m (140.000 plantas/ha);
- T3 = Espaçamento entrelinhas de 0,20 m e densidade de 4,2 plantas/m (210.000 plantas/ha);
- T4 = Espaçamento entrelinhas de 0,20 m e densidade de 5,6 plantas/m (280.000 plantas/ha);
- T5 = Espaçamento entrelinhas de 0,20 m e densidade de 7,0 plantas/m (350.000 plantas/ha);
- T6 = Espaçamento entrelinhas de 0,30 m e densidade de 2,1 plantas/m (70.000 plantas/ha);
- T7 = Espaçamento entrelinhas de 0,30 m e densidade de 4,2 plantas/m (140.000 plantas/ha);
- T8 = Espaçamento entrelinhas de 0,30 m e densidade de 6,3 plantas/m (210.000 plantas/ha);
- T9 = Espaçamento entrelinhas de 0,30 m e densidade de 8,4 plantas/m (280.000 plantas/ha);

- T10 = Espaçamento entrelinhas de 0,30 m e densidade de 10,5 plantas/m (350.000 plantas/ha);
- T11 = Espaçamento entrelinhas de 0,40 m e densidade de 2,8 plantas/m (70.000 plantas/ha);
- T12 = Espaçamento entrelinhas de 0,40 m e densidade de 5,6 plantas/m (140.000 plantas/ha);
- T13 = Espaçamento entrelinhas de 0,40 m e densidade de 8,4 plantas/m (210.000 plantas/ha);
- T14 = Espaçamento entrelinhas de 0,40 m e densidade de 11,2 plantas/m (280.000 plantas/ha);
- T15 = Espaçamento entrelinhas de 0,40 m e densidade de 14,0 plantas/m (350.000 plantas/ha);
- T16 = Espaçamento entrelinhas de 0,50 m e densidade de 3,5 plantas/m (70.000 plantas/ha);
- T17 = Espaçamento entrelinhas de 0,50 m e densidade de 7,0 plantas/m (140.000 plantas/ha);
- T18 = Espaçamento entrelinhas de 0,50 m e densidade de 10,5 plantas/m (210.000 plantas/ha);
- T19 = Espaçamento entrelinhas de 0,50 m e densidade de 14,0 plantas/m (280.000 plantas/ha);
- T20 = Espaçamento entrelinhas de 0,50 m e densidade de 17,5 plantas/m (350.000 plantas/ha);
- T21 = Espaçamento entrelinhas de 0,60 m e densidade de 4,2 plantas/m (70.000 plantas/ha);
- T22 = Espaçamento entrelinhas de 0,60 m e densidade de 8,4 plantas/m (140.000 plantas/ha);
- T23 = Espaçamento entrelinhas de 0,60 m e densidade de 12,6 plantas/m (210.000 plantas/ha);
- T24 = Espaçamento entrelinhas de 0,60 m e densidade de 16,8 plantas/m (280.000 plantas/ha);
- T25 = Espaçamento entrelinhas de 0,60 m e densidade de 21,0 plantas/m (350.000 plantas/ha);
- T26 = Espaçamento entrelinhas de 0,70 m e densidade de 4,9 plantas/m (70.000 plantas/ha);
- T27 = Espaçamento entrelinhas de 0,70 m e densidade de 9,8 plantas/m (140.000 plantas/ha);
- T28 = Espaçamento entrelinhas de 0,70 m e densidade de 14,7 plantas/m (210.000 plantas/ha);
- T29 = Espaçamento entrelinhas de 0,70 m e densidade de 19,6 plantas/m (280.000 plantas/ha);
- T30 = Espaçamento entrelinhas de 0,70 m e densidade de 24,5 plantas/m (350.000 plantas/ha).

Para se atingir as populações apresentadas anteriormente, foram distribuídas sementes em quantidade 30% acima daquela necessária para estabelecer as densidades de plantas por metro de linha, conforme ilustra a Tabela 3. Para que isto fosse possível,

foram confeccionadas régua de madeira, que foram superficialmente perfuradas para a colocação das sementes (Figuras 4, 5 e 6).

Tabela 3. Número teórico de plantas por metro de linha levando-se em consideração os diferentes espaçamentos entre linhas para se atingir as populações projetadas

Espaçamentos (m)	Metros de linha por hectare	Populações Projetadas (plantas ha <sup>-1</sup> )				
		70.000	140.000	210.000	280.000	350.000
0,20	50.000	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0
0,30	33.333	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5
0,40	25.000	2,8	5,6	8,4	11,2	14,0
0,50	20.000	3,5	7,0	10,5	14,0	17,5
0,60	16.667	4,2	8,4	12,6	16,8	21,0
0,70	14.286	4,9	9,8	14,7	19,6	24,5

Para se obter as populações projetadas, foi feita contagem do estande inicial. As plantas em excesso foram desbastadas manualmente.

A parcela correspondeu ao fator espaçamento e as suas subdivisões, ao fator densidade de plantas na linha (Figura 12).

Cada parcela correspondeu a um retângulo com 3,0 m de largura e 29,0 m de comprimento; as subparcelas de mesma largura, apresentaram 5,0 m de comprimento. Entre cada subparcela foi deixado o espaço de 1,0 m (livre de plantas), correspondente à bordadura (Figura 13). Dessa forma, independente da população, cada parcela e respectivas subparcelas tiveram a mesma área: 87 m<sup>2</sup> e 15 m<sup>2</sup>, respectivamente.

O número de linhas por unidade experimental foi variável, conforme a combinação entre espaçamentos e densidades de plantas na linha (Tabela 4). As figuras 14 a 37 ilustram os extremos populacionais de 70.000 e 350.000 plantas por hectare, conforme a variação do espaçamento entre linhas de 0,20 a 0,70 m.

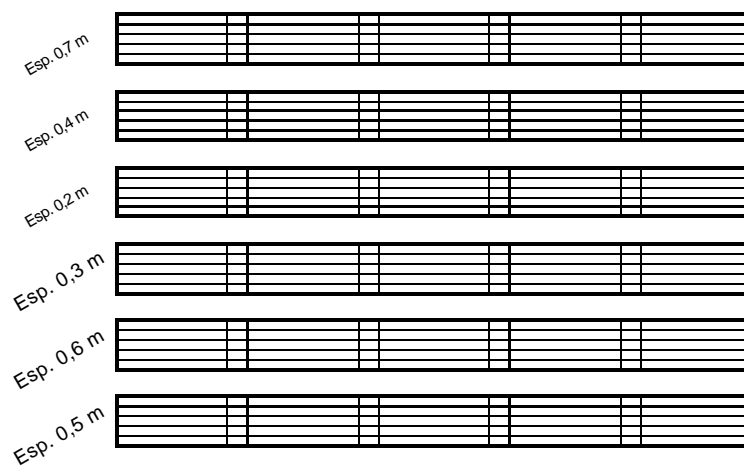


Figura 12 - Esquema demonstrativo de um bloco ao acaso com parcelas subdivididas.

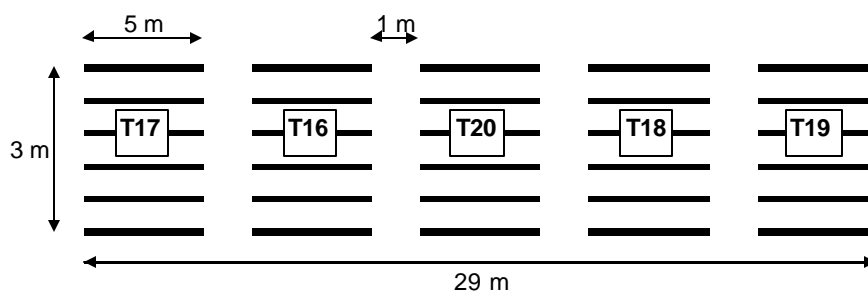


Figura 13 - Esquema demonstrativo de uma parcela e suas subparcelas, tomando-se como exemplos, os tratamentos T16, T17, T18, T19 e T20 (0,50 m entre linhas).

Tabela 4. Número de linhas totais e úteis nas parcelas experimentais em função dos tratamentos

Espaçamentos (m)	Populações (plantas/ha) <sup>1</sup>				
	70.000	140.000	210.000	280.000	350.000
0,20	15 (10)	15 (10)	15 (10)	15 (10)	15 (10)
0,30	10 (7)	10 (7)	10 (7)	10 (7)	10 (7)
0,40	7 (5)	7 (5)	7 (5)	7 (5)	7 (5)
0,50	6 (4)	6 (4)	6 (4)	6 (4)	6 (4)
0,60	5 (3)	5 (3)	5 (3)	5 (3)	5 (3)
0,70	4 (3)	4 (3)	4 (3)	4 (3)	4 (3)

<sup>1</sup> Os números entre parêntesis equivalem ao número de linhas úteis.

Com relação à largura total da subparcela, foi descontado 0,50 m de cada lateral, de maneira que a largura útil foi de 2,0 m. Com relação ao comprimento total de cada subparcela, foi descontado 0,50 m de cada extremidade de linha de soja, de maneira que o comprimento útil foi de 4,0 m. Assim, a área útil para determinação da produtividade agrícola foi a mesma para todos os tratamentos, ou seja, 8,0 m<sup>2</sup>.

A distribuição equidistante da variação dos espaçamentos entre linhas e das populações de plantas por hectare, teve por finalidade, a obtenção de uma análise de regressão que represente o desempenho observado.

Os efeitos estatisticamente significativos pelo teste F aplicado à análise de variância foram analisados pelo teste de Tukey.

### 3.9 Características Avaliadas

#### 3.9.1 Estande inicial

Determinado aos 10 dias após a emergência, por meio da contagem de plantas emergidas em cada linha.

### **3.9.2 Tempo de fechamento de entrelinhas**

Corresponde ao período de tempo, expresso em dias, para que ocorra a máxima cobertura do solo das entrelinhas pela folhagem das plantas de soja. O “tempo de fechamento” foi associado à avaliação percentual da área coberta pela folhagem, considerando-se como 100% de fechamento, metade da entrelinha coberta pelas folhas de cada linha adjacente. Foi avaliado semanalmente, com o auxílio de uma régua graduada.

### **3.9.3 Índice de área foliar**

Em condições climáticas favoráveis (ocorrência de dias claros sem nebulosidade) e simultaneamente à avaliação do tempo de fechamento de entrelinhas, foi determinada, semanalmente, a área foliar de cada subparcela. Além da fase inicial, essa variável foi determinada nos estádios fenológicos reprodutivos do pleno florescimento (R<sub>2</sub>), início da frutificação (R<sub>3</sub>), frutificação plena (R<sub>4</sub>), início da granação (R<sub>5</sub>), granação plena (R<sub>6</sub>), maturidade fisiológica (R<sub>7</sub>) e maturidade a campo (R<sub>8</sub>). A determinação da área foliar expressa em cm<sup>2</sup>/planta, foi obtida por meio da utilização de integrador de área foliar LICOR modelo LAI 2000 (Figura 38). Em cada subparcela foram realizadas três leituras amostrais com esse equipamento. Ponderou-se o valor médio dessas leituras com a respectiva população de plantas da área útil para obtenção da área foliar da subparcela.

### **3.9.4 Características agronômicas finais**

Quando as parcelas atingiram o estágio fenológico correspondente à maturação de campo (estádio R<sub>8</sub>), foram determinadas em 10 plantas por parcela, as seguintes variáveis:

#### **3.9.4.1 Altura final de planta**

Como altura final de planta considerou-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal.

#### **3.9.4.2 Altura de inserção da primeira vagem**

Como altura de inserção da primeira vagem considerou-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a primeira vagem inserida na planta.

#### **3.9.4.3 Número de Ramificações**

Contagem do número de ramificações presentes na haste principal.

Antes da colheita, procedeu-se a coleta das seguintes variáveis:

#### **3.9.4.4 Estande Final**

Determinado por meio da contagem de plantas em cada linha útil.

#### **3.9.4.5 Grau de acamamento**

Avaliado por notas visuais seguindo-se a escala de 1 a 5, onde o valor 1 corresponde à ausência de acamamento e o valor 5 ao acamamento total de plantas na parcela.

Após a colheita das parcelas experimentais foram determinadas as seguintes variáveis em laboratório:

#### **3.9.4.6 Número de vagens chochas e número de grãos por vagem**

Obteve-se por meio de contagem direta o número total de vagens chochas e de vagens com um, dois, três ou mais grãos formados em cada planta.

#### **3.9.4.7 Número total de vagens**

O número total de vagens foi obtido através da contagem direta do total das vagens formadas em cada planta.



#### **3.9.4.8 Número total de grãos**

Determinou-se o número total de grãos através da contagem direta do número de grãos formados em cada planta.

#### **3.9.4.9 Produtividade agrícola**

Após a trilha das sementes, estas foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, para determinação da umidade e da massa produzida por parcela. Posteriormente, o valor obtido foi transformado em produtividade agrícola expressa em kg/ha, com correção de umidade a 13%.

#### **3.9.4.10 Massa de 1000 grãos**

Para determinação da massa de 1000 grãos, foram separadas 8 subamostras de 100 sementes por subparcela, cujas massas foram determinadas em balança com sensibilidade de centésimos de grama, sendo tais procedimentos efetuados segundo as prescrições estabelecidas pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil - Ministério da Agricultura, 1992).



Figura 1 - Abertura manual dos sulcos de semeadura.



Figura 2 - Vista geral de um bloco com os sulcos já abertos.



Figura 3 - Semeadura do experimento.



Figura 4 - Colocação das sementes na régua de semeadura.



Figura 5 - Detalhe da régua de semeadura.



Figura 6 - Distribuição das sementes na linha de semeadura.



Figura 7 - Vista Geral da área experimental.



Figura 8 - Colheita da área útil com roçadora costal.



Figura 9 - Enfeixamento das plantas colhidas.



Figura 10 - Recolhimento dos feixes e trilha mecânica da soja colhida.



Figura 11 - Vista geral da colheita.



Figura 14 - Detalhe do fechamento entrelinhas de 70.000 plantas/ha espaçadas a 0,20 m.



Figura 15 - Vista de estande de 1,4 plantas/m espaçadas a 0,20 m, resultando em 70.000 plantas/ha.



Figura 16 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 350.000 plantas/ha espaçadas a 0,20 m.



Figura 17 - Vista de estande de 7 plantas/m espaçadas a 0,20 m, resultando em 350.000 plantas/ha.



Figura 18 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 70.000 plantas/ha espaçadas a 0,30 m.



Figura 19 - Vista de estande de 2,1 plantas/m espaçadas a 0,30 m, resultando em 70.000 plantas/ha.



Figura 20 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 350.000 plantas/ha espaçadas a 0,30 m.



Figura 21 - Vista de estande de 10,5 plantas/m espaçadas a 0,30 m, resultando em 350.000 plantas/ha.



Figura 22 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 70.000 plantas/ha espaçadas em 0,40 m.



Figura 23 - Vista de estande de 2,8 plantas/m espaçadas a 0,40 m, resultando em 70.000 plantas/ha.



Figura 24 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 350.000 plantas/ha espaçadas em 0,40 m.



Figura 25 - Vista de estande de 14 plantas/m espaçadas a 0,40 m, resultando em 350.000 plantas/ha.



Figura 26 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 70.000 plantas/ha espaçadas em 0,50 m.



Figura 27 - Vista de estande de 3,5 plantas/m espaçadas a 0,50 m, resultando em 70.000 plantas/ha.



Figura 28 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 350.000 plantas/ha espaçadas a 0,50 m.



Figura 29 - Vista de estande de 17,5 plantas/m espaçadas a 0,50 m, resultando em 350.000 plantas/ha.



Figura 30 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 70.000 plantas/ha espaçadas a 0,50 m.



Figura 31 - Vista de estande de 4,2 plantas/m espaçadas a 0,60 m, resultando em 70.000 plantas/ha.



Figura 32 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 350.000 plantas/ha espaçadas a 0,60 m.



Figura 33 - Vista de estande de 21 plantas/m espaçadas a 0,60 m, resultando em 350.000 plantas/ha.



Figura 34 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 70.000 plantas/ha espaçadas a 0,70 m.



Figura 35 - Vista de estande de 4,9 plantas/m espaçadas a 0,70 m, resultando em 70.000 plantas/ha.



Figura 36 - Detalhe de fechamento entrelinhas de 350.000 plantas/ha espaçadas a 0,70 m.



Figura 37 - Vista de estande de 24,5 plantas/m espaçadas a 0,70 m, resultando em 350.000 plantas/ha.



Figura 38 - Leitura do Índice de Área Foliar (IAF) com o aparelho LAI 2000.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Considerações Iniciais**

Antes de se iniciarem as discussões dos resultados analisados estatisticamente, tornam-se necessárias as seguintes considerações:

#### **4.1.1 Sobre o solo da área experimental e o ano agrícola 2001/2002**

A área experimental utilizada vem sendo cultivada com soja, anualmente inoculada, desde o ano agrícola 1996/97. Nessa área, a partir do ano agrícola 1998/99, adotou-se o manejo químico do solo visando-se a construção de sua fertilidade, de forma geral e uniforme, para dar sustentação a elevadas produtividades agrícolas. Atualmente, conforme revelam os valores apresentados na tabela 1, a fertilidade do solo da área experimental apresenta-se com níveis médios de acidez, matéria orgânica e fósforo, com ausência de alumínio e com níveis médios a altos em relação aos elementos básicos e à saturação por bases.

Considera-se, portanto, que em relação ao desenvolvimento das plantas e à expressão da produtividade estimada para o cultivar Conquista, não ocorreram limitações no que diz respeito à fertilidade do solo. Entretanto, verificou-se em área total, um leve adensamento subsuperficial originado a partir da movimentação do solo com grades, por ocasião do seu preparo periódico.

Com relação às condições gerais de clima durante o período de experimentação no campo, apresentam-se na tabela 5, os valores totais e médios para as principais variáveis climáticas. A figura 39 ilustra as variações de temperatura média diária do ar e

de precipitação pluvial ao longo de 143 dias de ciclo (semeadura a colheita) do cultivar Conquista.

Tabela 5. Valores totais e médios das principais variáveis climáticas ocorridas durante o período de experimentação. Piracicaba, SP, 2002

Fases Fenológicas <sup>1</sup>	Períodos	Nº de Dias	Rad. Solar Total (cal cm <sup>-2</sup> . d)	Precip. Total (mm)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Temp. Média (°C)
S - QC	04/12/01 a 09/01/02	36	15079,0	283,9	29,6	19,2	23,2
QC - R <sub>1</sub>	09/01/02 a 02/02/02	24	9558,0	230,9	29,5	19,4	23,0
R <sub>1</sub> - R <sub>5</sub>	02/02/02 a 07/03/02	33	13756,0	165,5	29,8	18,6	23,3
R <sub>5</sub> - R <sub>8</sub>	07/03/02 a 26/04/02	50	21494,0	255,4	36,2	21,3	28,7
Totais	-	143	59887,0	935,7	-	-	-
Médias	-	-	-	-	31,3	19,6	24,6

<sup>1</sup> S - QC = semeadura à queda dos cotilédones; QC - R<sub>1</sub> = queda dos cotilédones ao início do florescimento; R<sub>1</sub> - R<sub>5</sub> = início do florescimento ao início da granação; R<sub>5</sub> - R<sub>8</sub> = início da granação à maturidade a campo.

Durante a fase vegetativa das plantas, iniciada a partir da emergência epígea em 10 de dezembro de 2001 e finalizada com o início do florescimento (estádio R<sub>1</sub>), o ambiente disponibilizou considerável quantidade de energia na forma de luz e por meio de sua dissipação como calor, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas. Da mesma forma, também houve boa disponibilidade e distribuição das chuvas ao longo da fase vegetativa das plantas (Figura 39).

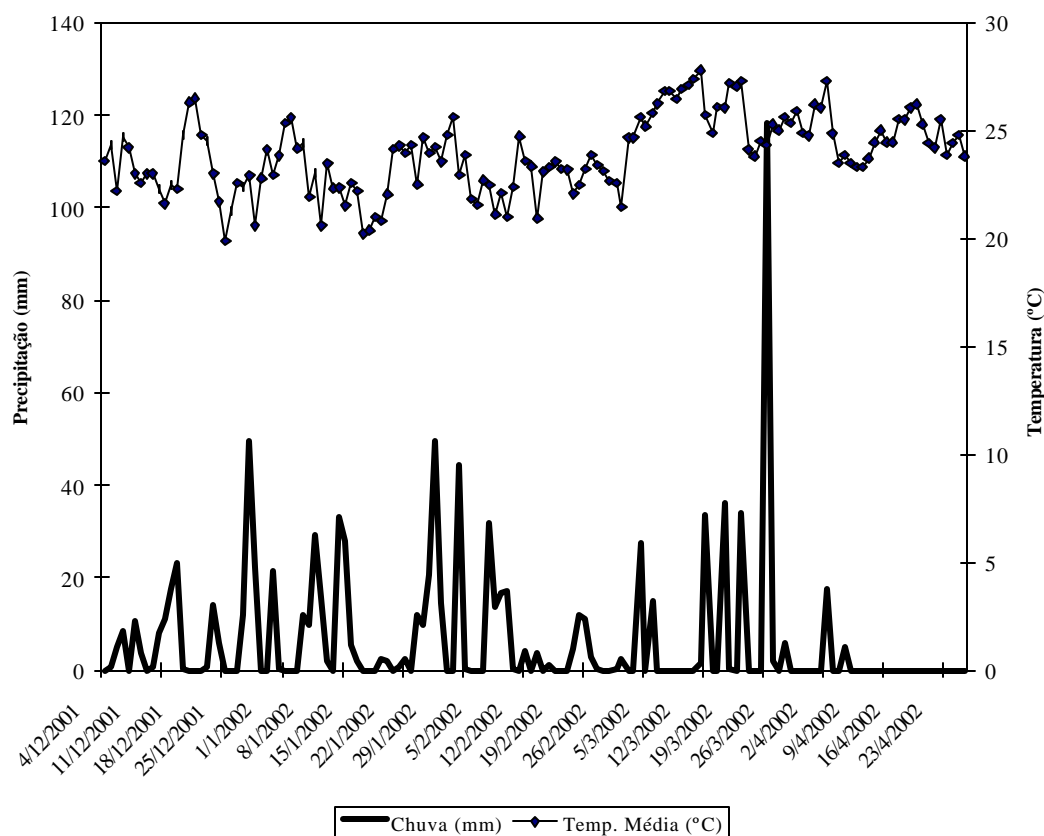


Figura 39 - Distribuição pluvial e temperatura média diária do ar, durante o período de experimentação em campo. Piracicaba, SP, 2002.

Com relação à fase reprodutiva, os valores apresentados na tabela 5 revelam o aumento na disponibilidade de energia para o ambiente de experimentação, tanto em relação à radiação solar, como em relação às temperaturas. Para os 60 dias de fase vegetativa a disponibilidade média diária de energia na forma de radiação solar foi de  $410,6 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Para os 83 dias de fase reprodutiva, a disponibilidade média diária de energia foi de  $587,5 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , associada também, a maiores valores de energia térmica.

Entretanto, com relação à quantidade de chuva, constata-se que a disponibilidade de água diminuiu para os eventos fisiológicos do florescimento e frutificação da soja, até o início da granação (estádio  $R_5$ ). A partir deste último estágio iniciado em 7 de março



de 2002, constatou-se a precipitação total de 255 mm, porém, mal distribuída, de maneira a comprometer os estádios intermediários e finais da granação (Figura 39).

Dessa forma, a leve compactação subsuperficial do solo associada a menor precipitação pluvial na fase mediana e final da formação dos grãos, poderia justificar as produtividades agrícolas observadas em níveis aquém da produtividade média esperada para o cultivar Conquista.

#### **4.1.2 Sobre os resultados da análise estatística**

Os valores dos quadrados médios residuais e respectivas significâncias estatísticas relativas às variáveis analisadas são apresentadas nos Apêndices 1, 2 e 3.

A análise da variância para as características agrônômicas revelou valores de  $F$  significativos para o fator espaçamento entre linhas, relativos às variáveis altura final de planta, altura de inserção de primeira vagem, número de ramificações da haste principal, número de vagens com dois e com três grãos, número total de vagens, número total de grãos e produtividade agrícola (Apêndice 1).

Para o fator população de plantas, o teste  $F$  da análise da variância revelou valores significativos ( $P < 0,01$ ) para as variáveis altura final de planta, altura de inserção de primeira vagem, número de ramificações da haste principal, número de vagens com um, com dois e com três grãos, número total de vagens, número total de grãos e produtividade agrícola (Apêndice 1).

Com relação à interação dos fatores espaçamento entre linhas e população de plantas, o teste  $F$  da análise de variância revelou valores altamente significativos somente para a variável número de vagens chochas (Apêndice 1).

A análise da variância para a variável tempo de fechamento entrelinhas revelou valores de  $F$  significativos para os fatores espaçamento entre linhas e população de plantas para todos os estádios fenológicos avaliados:  $V_7$ ,  $V_9/R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_5$ ,  $R_5/R_6$  e  $R_6$  (Apêndice 2).



Com relação à interação dos fatores espaçamento entre linhas e população de plantas, o teste F da análise de variância revelou valores não significativos somente para o estágio fenológico correspondente a V<sub>7</sub> (Apêndice 2).

Para a variável índice de área foliar (LAI), a análise de variância revelou valores significativos para os fatores espaçamento entre linhas e população de plantas para todas as leituras efetuadas (Apêndice 3).

Com relação à interação dos fatores espaçamento entre linhas e população de plantas, o teste F da análise de variância revelou valores significativos somente para as leituras efetuadas nos estádios fenológicos V<sub>9</sub>/R<sub>1</sub> e R<sub>6</sub>, realizadas respectivamente nos dias 2 de fevereiro e 28 de março de 2002 (Apêndice 3).

#### **4.2 Tempo de Fechamento das Entrelinhas**

Observando-se as figuras 40 a 45, pode-se verificar que em se tratando da menor população estudada, ou seja, a de 70.000 plantas por hectare, não ocorreu 100% de fechamento das entrelinhas em nenhum dos espaçamentos utilizados. A partir do espaçamento de 0,40 m, as plantas constantes dos tratamentos referentes às populações de 140.000 e 210.000 plantas por hectare, demoraram mais para apresentar uma porcentagem representativa de fechamento das entrelinhas, porém, este não atingindo 100%. Sob os espaçamentos de 0,60 e 0,70 m, nenhuma população apresentou 100% de fechamento das entrelinhas.

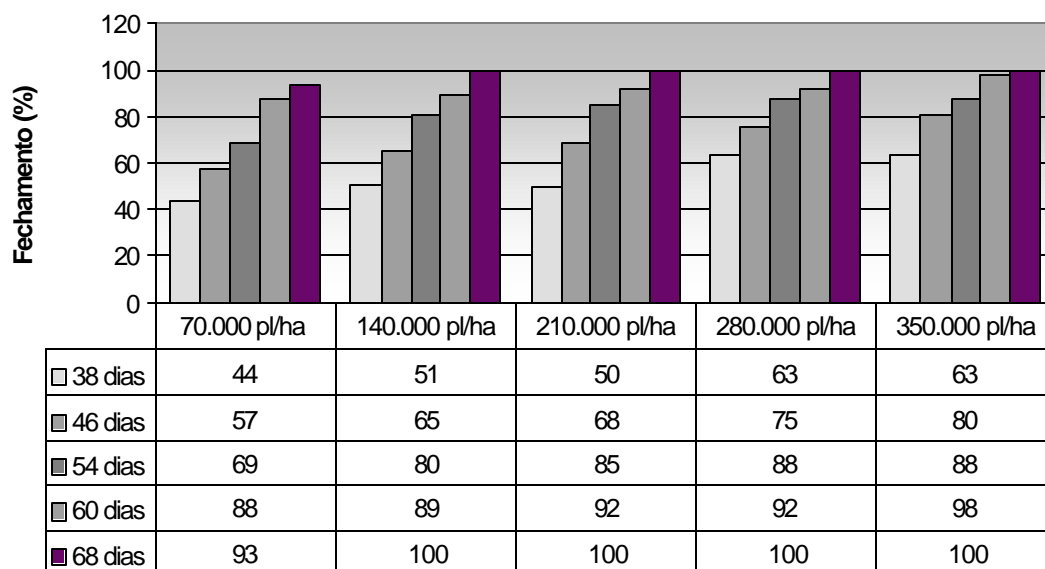


Figura 40 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para as diferentes populações, fixando-se o espaçamento em 0,20 m.

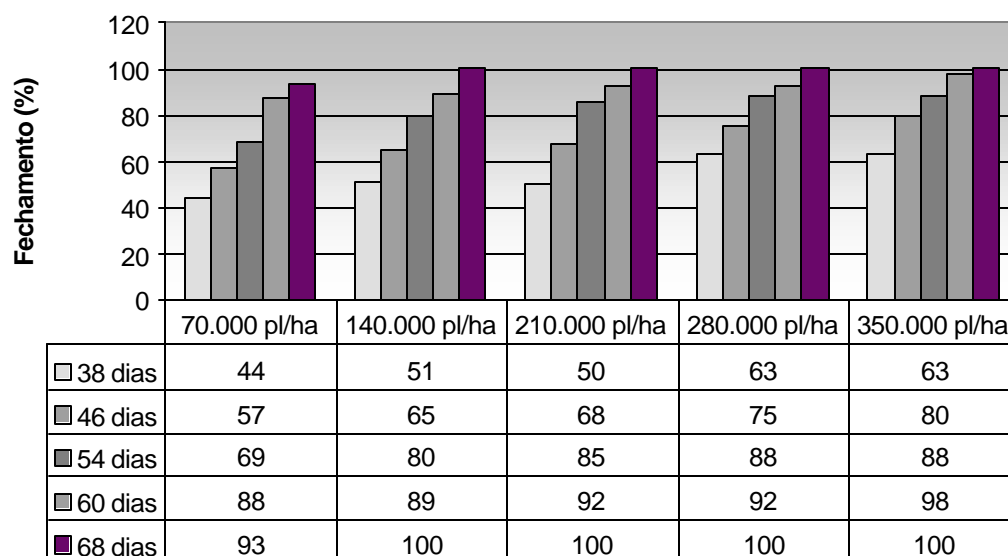


Figura 41 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para as diferentes populações, fixando-se o espaçamento em 0,30 m.

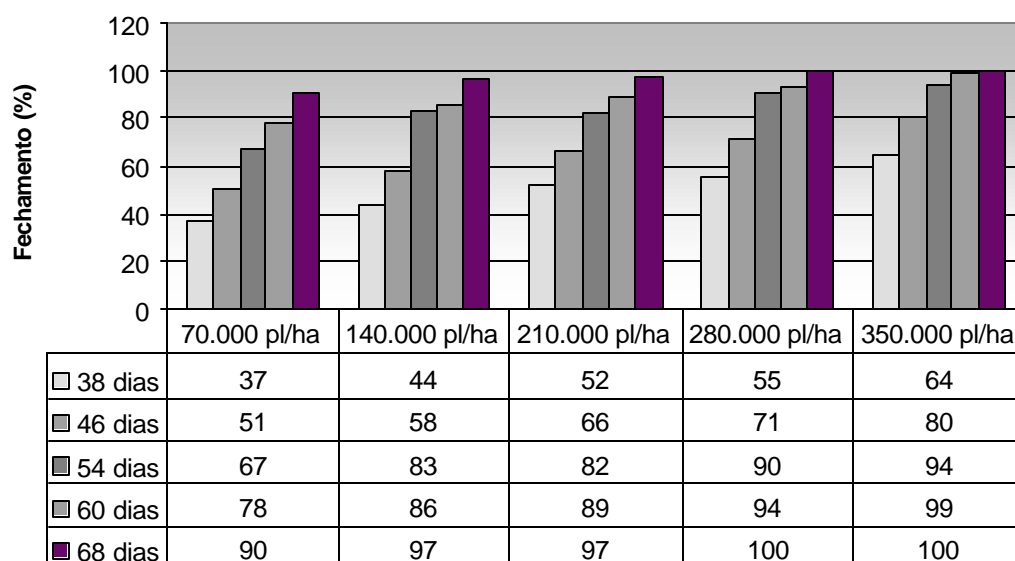


Figura 42 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para as diferentes populações, fixando-se o espaçamento em 0,40 m.

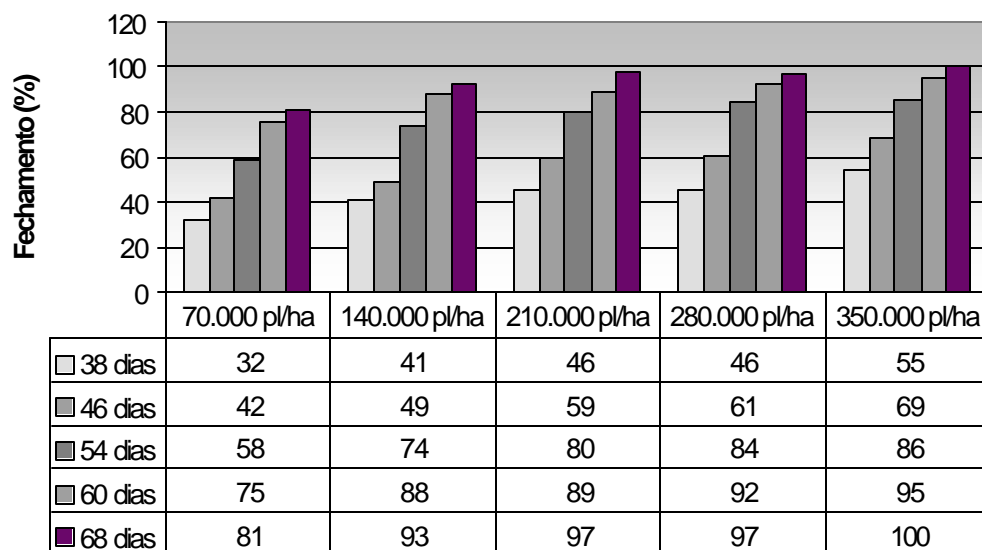


Figura 43 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para as diferentes populações, fixando-se o espaçamento em 0,50 m.

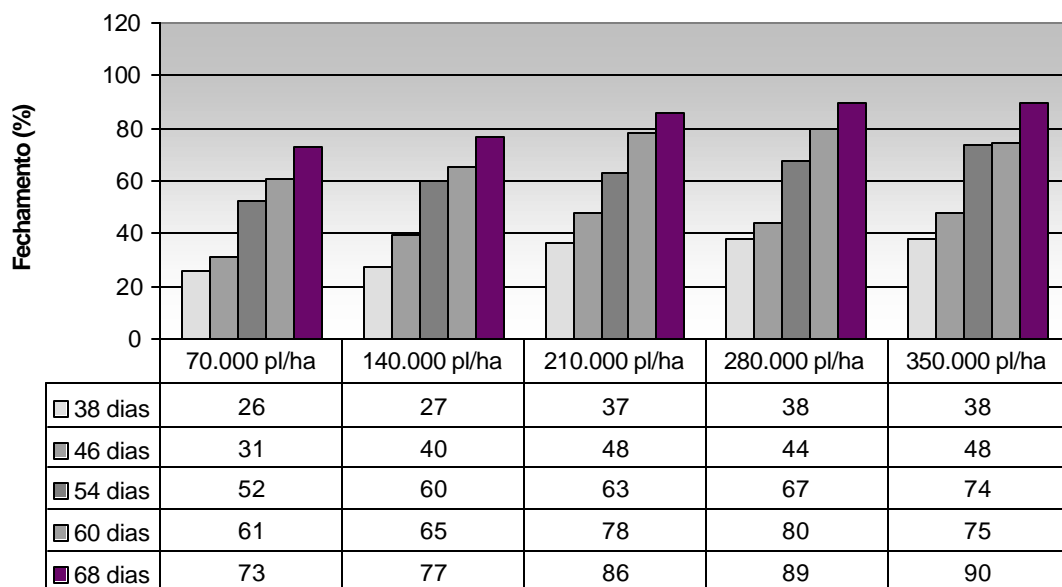


Figura 44 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para as diferentes populações, fixando-se o espaçamento em 0,60 m.

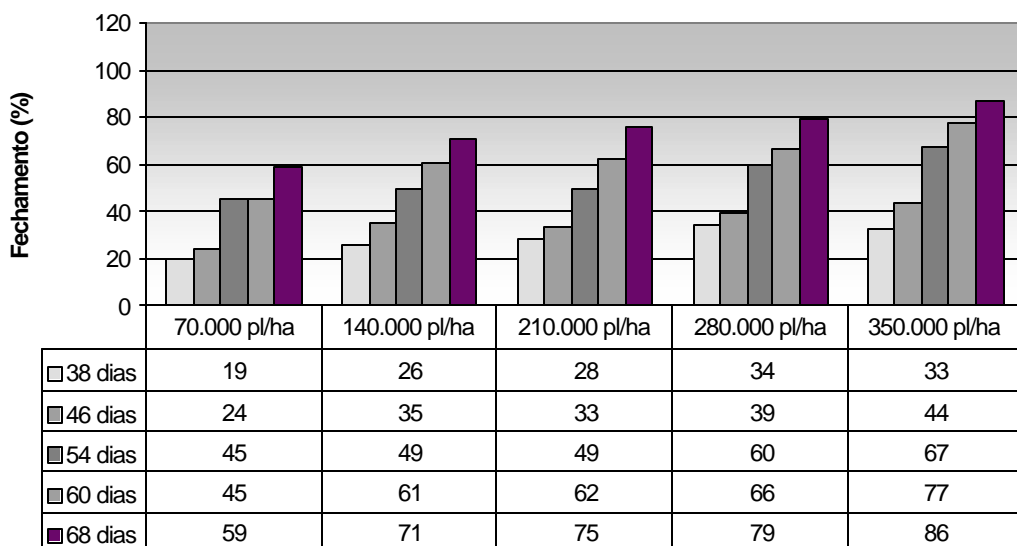


Figura 45 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para as diferentes populações, fixando-se o espaçamento em 0,70 m.

O espaçamento de 0,20 m entre linhas foi o que apresentou maior eficácia no fechamento das entrelinhas em todos os estádios fenológicos observados, para todas as populações de plantas estudadas, atingindo 100% em menor período de tempo. O tempo e a porcentagem de fechamento das entrelinhas foram comprometidos pelo aumento do espaçamento entre linhas, sendo que nos de 0,60 e 0,70 m foram obtidas porcentagens de fechamento das entrelinhas inferiores a 90 %, para todas as populações de plantas, quando a cultura já se encontrava no início da frutificação (estádio R<sub>3</sub>).

Na tabela 6 verifica-se o já discutido anteriormente, comprovando o não fechamento das entrelinhas (100%) para os tratamentos nos quais o espaçamento entre linhas foi de 0,70 m. Também pode se verificar, que nos tratamentos, onde o espaçamento entre linhas foi de 0,60 m foi necessário um tempo maior para que o fechamento entrelinhas atingisse a porcentagem de 100%, o que poderia acarretar em uma maior interferência por plantas daninhas. A ocorrência e interferência das plantas daninhas pode ter um decréscimo em função da competição exercida pela cultura. Gazziero e Souza (1993), também, constataram que a soja semeada em espaçamentos menores (0,20 a 0,40 m entre linhas) controla melhor as plantas daninhas do que aquela espaçada de 0,50 a 0,80 m.

Embrapa (2000) recomenda semear a soja em fileiras ou linhas espaçadas de 0,40 a 0,60 m, sendo que os espaçamentos menores que 0,40 m propiciam um melhor fechamento das entrelinhas, fazendo com que este atinja 100% em menor período de tempo, contribuindo assim para o controle das plantas daninhas, o que também foi verificado no presente experimento.

O fechamento das entrelinhas nos estádios iniciais da cultura da soja capacita as plantas a desenvolver, mais cedo, o seu aparato fotossintético. Pires et al. (1998) estudando o cultivar FT-Saray, sob dois espaçamentos entre linhas, obteve no estágio V<sub>6</sub> (34 dias após a emergência) 72% e 55% de fechamento das entrelinhas, respectivamente nos espaçamentos de 0,20 e 0,40 m entre linhas, enquanto que no estágio R<sub>2</sub>, obteve, para ambos os espaçamentos, 100% de fechamento das entrelinhas. Na tabela 7, observa-se que a porcentagem de fechamento das entrelinhas para os espaçamentos variou em função, também, do aumento da população de plantas, variando de 77 a 86,

7% e de 87,3 a 97,7% para o espaçamento de 0,20 m entre linhas, respectivamente para os estádios  $V_7$  (46 dias após emergência) e  $R_2$ ; e para o espaçamento de 0,40 m entre linhas nos mesmos estádios de 51,0 a 80,0% e de 78,0 a 98,7%.

Tabela 6. Valores médios para a porcentagem de fechamento das entrelinhas nos diferentes estádios fenológicos da cultura da soja, cultivar Conquista, apresentados por espaçamento. Piracicaba, SP, 2002

Espaçamento entre linhas (m)	Tempo de Fechamento das Entrelinhas						
	25/01 ( $V_7$ )	02/02 ( $V_9/R_1$ )	07/02 ( $R_2$ )	15/02 ( $R_3$ )	07/03 ( $R_5$ )	14/03 ( $R_5/R_6$ )	22/03 ( $R_6$ )
0,20	81,8 a	90,0 a	93,7 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
0,30	69,0 ab	83,3 ab	91,7 a	98,7 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
0,40	65,3 ab	82,1 ab	89,0 a	96,9 a	99,2 a	100,0 a	100,0 a
0,50	55,9 bc	76,4 b	87,9 a	93,6 a	96,1 ab	99,7 a	99,7 a
0,60	42,1 cd	63,3 c	71,7 b	82,9 b	88,9 b	97,6 a	97,6 a
0,70	35,2 d	54,1 c	62,3 b	74,0 b	78,8 c	90,6 b	91,0 b
D.M.S.	17,57	12,12	16,22	10,33	8,95	4,16	3,98
C.V. (%)	10,65	5,71	6,92	4,00	3,37	1,50	1,43

Como pode ser observado nas tabelas 7 e 8, alguns tratamentos proporcionaram total fechamento de entrelinhas em um menor espaço de tempo, aqueles com espaçamentos de 0,20 e 0,30 m entre linhas e população de 210.000, 280.000 e 350.000 plantas por hectare. Este rápido fechamento das entrelinhas cria condições de menor circulação de ar e de maior umidade, podendo favorecer a ocorrência de doenças. Porém, mesmo não sendo o objetivo deste trabalho, esse fator foi avaliado no campo, não se constatando maior incidência de doenças nessas subparcelas.

Tabela 7. Valores médios para a porcentagem de fechamento das entrelinhas nos estádios fenológicos V<sub>7</sub>, R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, cultivar Conquista, apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Tratamentos	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	25/01 (V <sub>7</sub> )	02/02 (R <sub>1</sub> )	07/02 (R <sub>2</sub> )
T1	0,20	1,4	70.000	77,0 a	87,7 a	87,3 a
T6	0,30	2,1	70.000	57,0 b	68,7 b	87,7 a
T11	0,40	2,8	70.000	51,0 b	66,7 bc	78,0 ab
T16	0,50	3,5	70.000	41,7 bc	58,3 bcd	75,3 ab
T21	0,60	4,2	70.000	31,0 c	52,3 cd	61,0 bc
T26	0,70	4,9	70.000	24,0 c	45,3 d	45,0 c
	<b>C.V. (%)</b>			<b>8,56</b>	<b>6,52</b>	<b>5,88</b>
T2	0,20	2,8	140.000	78,3 a	85,7 a	90,7 a
T7	0,30	4,2	140.000	64,7 ab	83,0 a	89,0 a
T12	0,40	5,6	140.000	57,7 bc	80,3 a	88,3 a
T17	0,50	7,0	140.000	49,0 bcd	74,0 ab	86,0 a
T22	0,60	8,4	140.000	39,7 cd	59,7 bc	65,0 b
T27	0,70	9,8	140.000	35,3 d	49,3 c	60,7 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>8,56</b>	<b>6,52</b>	<b>5,88</b>
T3	0,20	4,2	210.000	85,0 a	92,0 a	95,3 a
T8	0,30	6,3	210.000	68,0 ab	85,3 a	92,0 a
T13	0,40	8,4	210.000	66,3 abc	82,3 a	89,0 a
T18	0,50	10,5	210.000	59,3 bc	80,0 a	88,7 a
T23	0,60	12,6	210.000	47,7 cd	63,3 b	78,0 ab
T28	0,70	14,7	210.000	33,3 d	49,0 b	62,3 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>8,56</b>	<b>6,52</b>	<b>5,88</b>
T4	0,20	5,6	280.000	82,0 a	90,3 a	97,3 a
T9	0,30	8,4	280.000	75,0 ab	88,0 a	92,0 a
T14	0,40	11,2	280.000	71,3 ab	90,0 a	93,7 a
T19	0,50	14,0	280.000	61,0 bc	84,0 a	92,0 a
T24	0,60	16,8	280.000	44,3 cd	67,3 b	79,7 ab
T29	0,70	19,6	280.000	39,3 d	59,7 b	66,3 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>8,56</b>	<b>6,52</b>	<b>5,88</b>
T5	0,20	7,0	350.000	86,7 a	94,3 a	97,7 a
T10	0,30	10,5	350.000	80,3 a	88,0 ab	97,7 a
T15	0,40	14,0	350.000	80,0 a	94,3 a	98,7 a
T20	0,50	17,5	350.000	68,7 a	85,7 ab	95,0 ab
T25	0,60	21,0	350.000	48,0 b	74,0 bc	77,0 bc
T30	0,70	24,5	350.000	44,0 b	67,3 c	74,7 c
	<b>C.V. (%)</b>			<b>8,56</b>	<b>6,52</b>	<b>5,88</b>

Tabela 8. Valores médios para a porcentagem de fechamento das entrelinhas nos estádios fenológicos R<sub>3</sub>, R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub>, cultivar Conquista, apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Tratamentos	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	15/02 (R <sub>3</sub> )	07/03 (R <sub>5</sub> )	14/03 (R <sub>6</sub> )
T1	0,20	1,4	70.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T6	0,30	2,1	70.000	93,3 ab	100,0 a	100,0 a
T11	0,40	2,8	70.000	90,3 ab	96,0 ab	100,0 a
T16	0,50	3,5	70.000	81,0 bc	85,0 bc	98,7 a
T21	0,60	4,2	70.000	72,7 c	79,0 cd	95,3 a
T26	0,70	4,9	70.000	58,7 d	69,7 d	81,0 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>5,12</b>	<b>3,84</b>	<b>1,77</b>
T2	0,20	2,8	140.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T7	0,30	4,2	140.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T12	0,40	5,6	140.000	97,0 a	100,0 a	100,0 a
T17	0,50	7,0	140.000	92,7 a	95,3 ab	100,0 a
T22	0,60	8,4	140.000	77,0 b	88,7 bc	96,7 a
T27	0,70	9,8	140.000	71,0 b	77,7 c	88,0 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>5,12</b>	<b>3,84</b>	<b>1,77</b>
T3	0,20	4,2	210.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T8	0,30	6,3	210.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T13	0,40	8,4	210.000	97,3 ab	100,0 a	100,0 a
T18	0,50	10,5	210.000	97,3 ab	100,0 a	100,0 a
T23	0,60	12,6	210.000	86,0 bc	92,7 a	97,0 ab
T28	0,70	14,7	210.000	75,3 c	77,3 b	93,0 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>5,12</b>	<b>3,84</b>	<b>1,77</b>
T4	0,20	5,6	280.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T9	0,30	8,4	280.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T14	0,40	11,2	280.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T19	0,50	14,0	280.000	97,0 a	100,0 a	100,0 a
T24	0,60	16,8	280.000	89,3 ab	93,3 ab	99,7 a
T29	0,70	19,6	280.000	78,7 b	82,7 b	93,3 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>5,12</b>	<b>3,84</b>	<b>1,77</b>
T5	0,20	7,0	350.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T10	0,30	10,5	350.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T15	0,40	14,0	350.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T20	0,50	17,5	350.000	100,0 a	100,0 a	100,0 a
T25	0,60	21,0	350.000	89,7 ab	90,7 ab	99,3 a
T30	0,70	24,5	350.000	86,3 b	86,7 b	97,7 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>5,12</b>	<b>3,84</b>	<b>1,77</b>



As porcentagens de fechamento das entrelinhas nos estádios fenológicos V<sub>7</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub> são esquematicamente apresentados em função do tempo de fechamento das entrelinhas nas figuras 46 a 50.

Para os tratamentos referentes à população de 70.000 plantas por hectare, verificou-se que somente aqueles sob espaçamento de 0,20 m apresentaram fechamento de entrelinhas equivalente a 100%. Sob espaçamento de 0,70 m, nesta mesma população, o fechamento de entrelinhas apresentou-se ao redor de 50%, propiciando a emergência, desenvolvimento e crescimento de uma gama razoável de plantas daninhas, estas competidoras diretas da soja, as quais não manejadas poderiam acarretar perdas de produtividade agrícola (Figura 46).

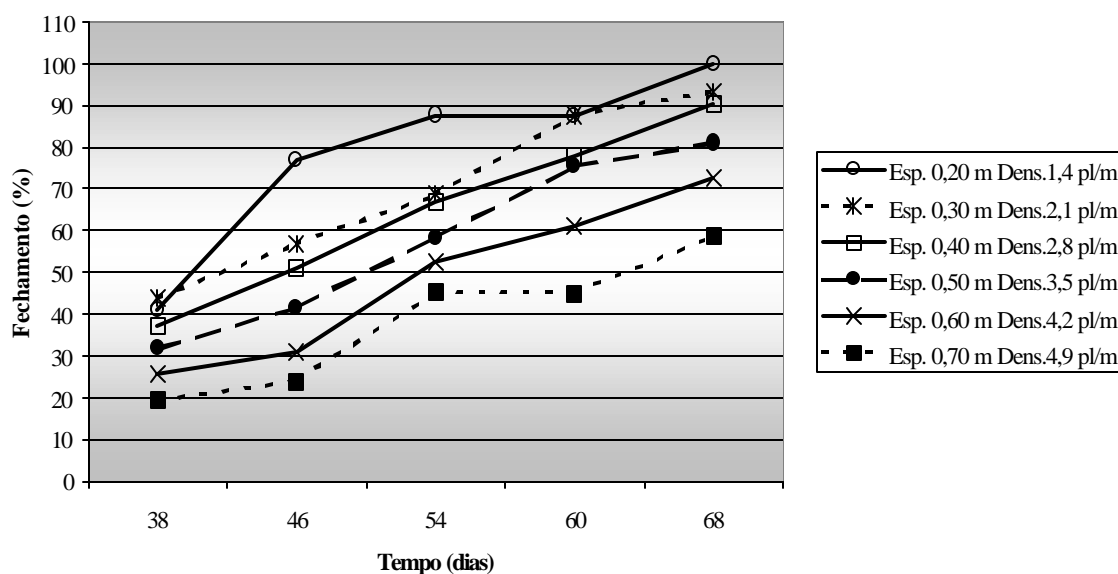


Figura 46 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para os diferentes arranjos espaciais fixando-se a população em 70.000 plantas por hectare.

Nas figuras 47 a 49, verifica-se que para os tratamentos referentes à população de 140.000 plantas por hectare, os espaçamentos de 0,60 e 0,70 m mostraram-se

problemáticos quanto ao tempo de fechamento, muito longo, além de não apresentarem no total, mas respectivamente, 78 e 60%. O mesmo ocorrendo para os tratamentos referentes às populações de 210.000 e 280.000 plantas por hectare, porém com uma melhor performance de fechamento de entrelinhas.

Para os tratamentos referentes à população de 350.000 plantas por hectare, observou-se o menor tempo de fechamento de entrelinhas, apresentando-se este com altas porcentagens (Figura 50).

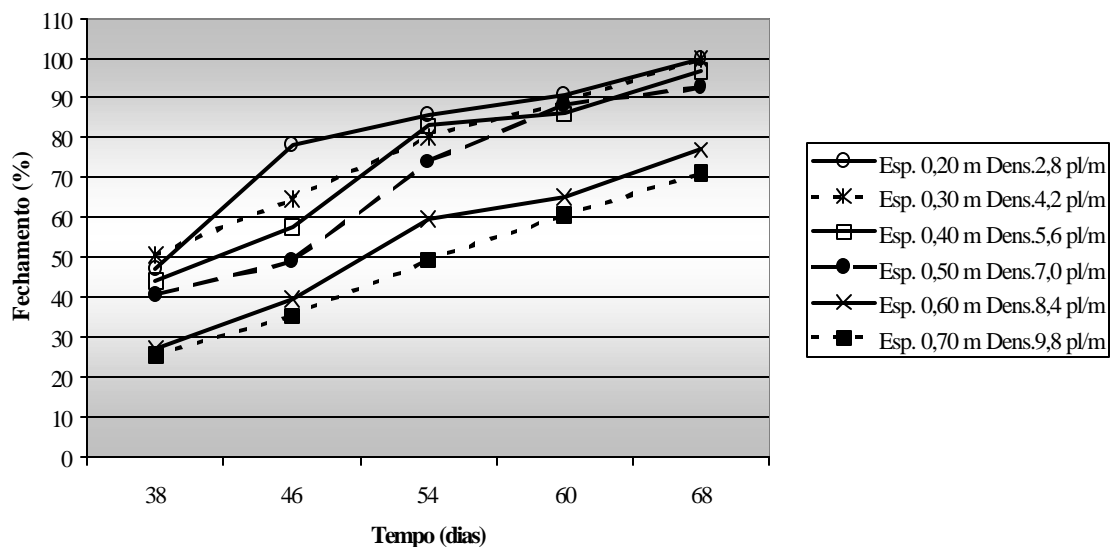


Figura 47 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para os diferentes arranjos espaciais fixando-se a população em 140.000 plantas por hectare.

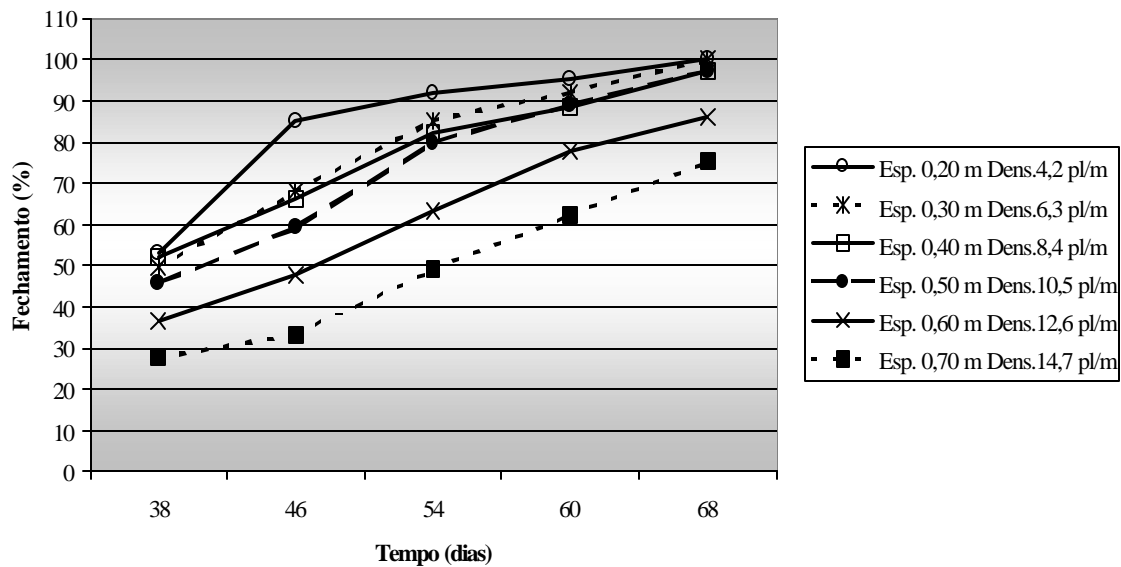


Figura 48 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para os diferentes arranjos espaciais fixando-se a população em 210.000 plantas por hectare.

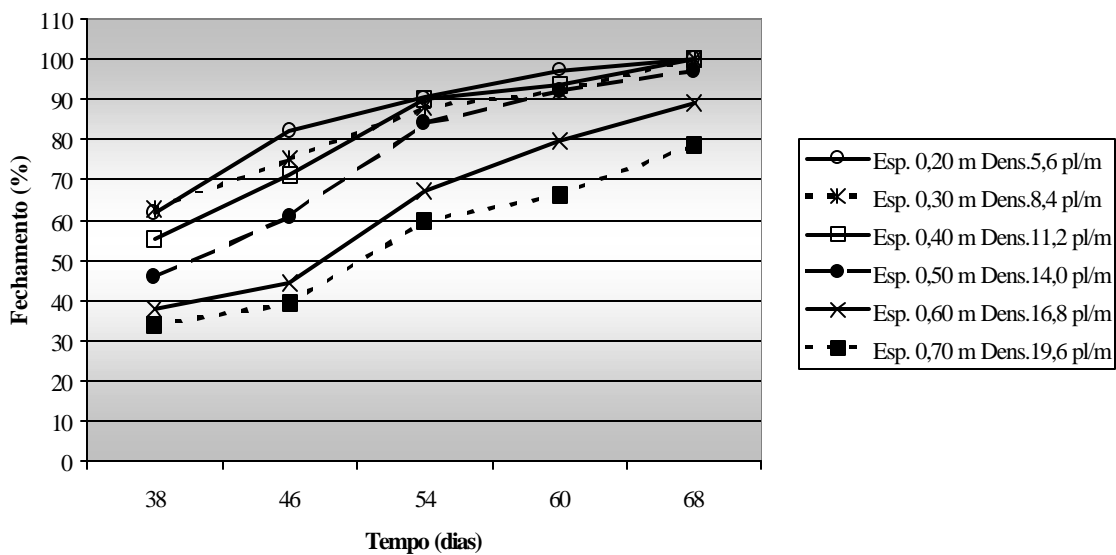


Figura 49 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para os diferentes arranjos espaciais fixando-se a população em 280.000 plantas por hectare.

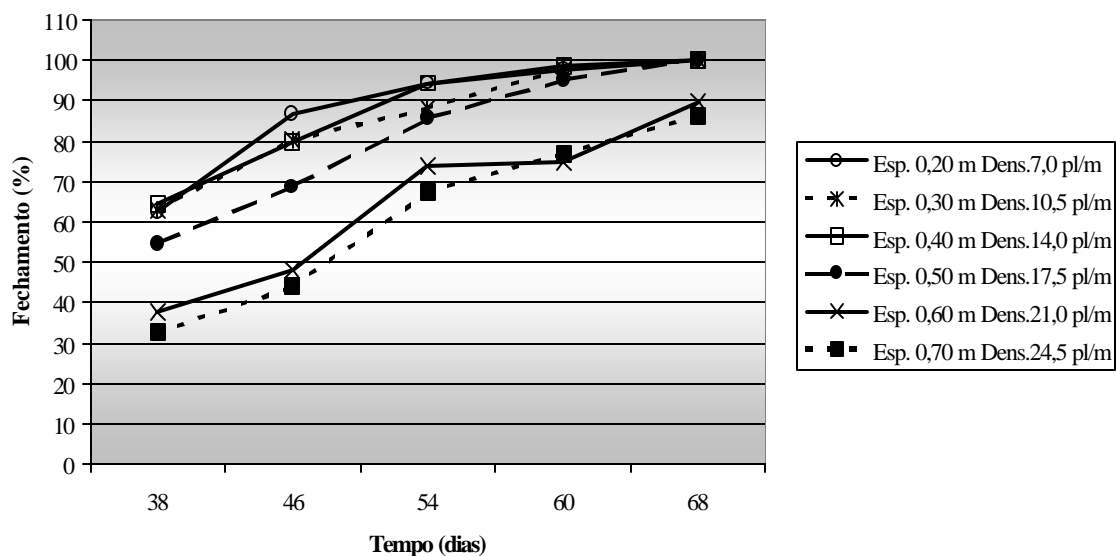


Figura 50 - Tempo e porcentagem de fechamento de entrelinhas para os diferentes arranjos espaciais fixando-se a população em 350.000 plantas por hectare.

### 4.3 Índice de Área Foliar

Nos dados apresentados nas tabelas 9, 10 e 11, e nas figuras 51 a 61, pode-se verificar um auge de IAF, ou seja, um IAF máximo para o cultivar Conquista entre os estádios fenológicos  $R_4$  e  $R_6$ , independente da população de plantas. Sendo este mais evidente entre  $R_4$  e  $R_5$ , para os menores espaçamentos ( $\leq 0,50$  m) e  $R_5$  e  $R_6$ , para os maiores espaçamentos (0,60 e 0,70 m). Porras et al. (1997) obtiveram máximo IAF no estágio fenológico correspondente a formação das vagens ( $R_3$ ). González et al. (1988) constataram máximo IAF no estágio fenológico  $R_5$ , correspondente ao início da granação, decrescendo a partir daí em decorrência da perda de folhas por senescência.

Gazzoni (1974) aponta o estágio de  $R_2/R_3$  como o de máximo IAF, porém, resultados obtidos por Peixoto (1998) mostram que, em geral, o IAF aumenta

linearmente após o período de crescimento inicial lento até a formação completa das vagens, estágio R<sub>4</sub>.

Da mesma forma verificada por González et al. (1988), neste trabalho, os maiores valores numéricos observados para o IAF ocorreram por ocasião do início da granação das vagens (estádio R<sub>5</sub>), para todos os espaçamentos entre linhas, com exceção ao espaçamento de 0,70 m, cujo maior valor numérico de IAF foi observado entre os estádios R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub> (Tabela 9 e Figuras 51 a 56).

O fato de o IAF máximo ocorrer no estágio R<sub>5</sub> possui relevante significância fisiológica para a cultura da soja. A partir do início da granação das vagens intensifica-se a demanda da planta por água, nutrientes e fotoassimilados. Esses fatores essenciais à produção são preferencialmente direcionados aos grãos em formação, não só para atender ao acúmulo crescente de matéria seca, mas, também, para atender à biossíntese de óleo e de proteína nas sementes.

Shibles & Weber (1965) também referenciaram o auge do IAF por ocasião do final da frutificação e início da granação da soja, além de terem constatado dois auges de atividade fotossintética: o primeiro por ocasião do pleno florescimento da soja, para atender o pegamento floral; o segundo, por ocasião do início da granação, quando a presença de fotoassimilados se faz necessária ao pegamento das vagens e ao desenvolvimento dos grãos no interior destas.

O espaçamento entre linhas interagiu diferentemente com as diferentes populações de plantas e nos diferentes estádios fenológicos avaliados. Os maiores IAFs foram observados nos tratamentos referentes às maiores populações, ou seja, 280.000 e 350.000 plantas por hectare (Figuras 60 e 61).

Observa-se nas tabelas 10 e 11, que a medida que o espaçamento entre linhas aumenta, diminui o índice de área foliar, porém, não sendo estatisticamente significativo para todos os estádios da cultura ou mesmo para todas as populações de plantas estudadas. Pires et al. (1998), por exemplo, constataram valores menores de IAF no espaçamento de 0,40 m, do que no de 0,20 m entre linhas.

Tabela 9. Valores médios para índice de área foliar da soja, cultivar Conquista, no decorrer do ciclo da cultura. Piracicaba, SP, 2002

Espaçamento entre linhas (m)	Índice de Área Foliar									
	25/01 (V <sub>7</sub> )	02/02 (V <sub>9</sub> /R <sub>1</sub> )	13/02 (R <sub>2</sub> )	20/02 (R <sub>2</sub> /R <sub>3</sub> )	28/02 (R <sub>4</sub> /R <sub>5</sub> )	07/03 (R <sub>5</sub> )	14/03 (R <sub>5</sub> /R <sub>6</sub> )	22/03 (R <sub>6</sub> )	28/03 (R <sub>6</sub> )	04/04 (R <sub>6</sub> )
0,20	0,77 a	1,09 a	1,46 ab	2,15 ab	2,70 a	3,08 a	2,81 a	2,34 a	2,46 a	2,04 a
0,30	0,54 a	0,89 a	1,47 ab	2,20 ab	2,75 a	3,04 a	2,79 a	2,37 a	2,56 a	2,00 a
0,40	0,74 a	1,17 a	1,82 a	2,60 a	3,00 a	3,19 a	2,94 a	2,44 a	2,57 a	2,00 a
0,50	0,59 a	1,00 a	1,56 ab	2,44 ab	2,83 a	2,92 a	2,76 a	2,34 a	2,39 ab	1,79 ab
0,60	0,61 a	0,73 a	1,11 ab	1,59 bc	1,95 ab	2,48 ab	2,27 ab	2,04 ab	2,10 ab	1,60 ab
0,70	0,57 a	0,62 a	0,78 b	1,04 c	1,54 b	1,73 b	1,79 b	1,60 b	1,73 b	1,43 b
D.M.S.	0,58	0,77	0,89	0,99	1,14	0,87	0,82	0,47	0,71	0,47
C.V. (%)	32,03	29,70	22,90	17,39	16,30	11,16	11,36	7,53	10,80	9,21

Tabela 10. Valores médios para índice de área foliar da soja, cultivar Conquista nos estádios fenológicos  $V_9/R_1$ ,  $R_2$  e  $R_2/R_3$ , cultivar Conquista, apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Tratamentos	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	02/02 ( $V_9/R_1$ )	13/02 ( $R_2$ )	20/02 ( $R_2/R_3$ )
T1	0,20	1,4	70.000	0,90 a	0,88 a	1,44 a
T6	0,30	2,1	70.000	0,60 a	0,90 a	1,37 a
T11	0,40	2,8	70.000	0,57 a	0,72 a	1,35 a
T16	0,50	3,5	70.000	0,42 a	0,65 a	1,02 a
T21	0,60	4,2	70.000	0,42 a	0,62 a	0,93 a
T26	0,70	4,9	70.000	0,32 a	0,38 a	0,50 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>30,04</b>	<b>22,79</b>	<b>15,47</b>
T2	0,20	2,8	140.000	0,73 a	1,23 a	1,79 a
T7	0,30	4,2	140.000	0,48 a	1,20 a	1,71 a
T12	0,40	5,6	140.000	0,66 a	1,11 a	2,04 a
T17	0,50	7,0	140.000	0,73 a	1,27 a	2,03 a
T22	0,60	8,4	140.000	0,76 a	0,87 a	1,35 a
T27	0,70	9,8	140.000	0,67 a	0,64 a	0,96 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>30,04</b>	<b>22,79</b>	<b>15,47</b>
T3	0,20	4,2	210.000	0,99 a	1,36 ab	2,07 abc
T8	0,30	6,3	210.000	0,86 a	1,53 ab	2,27 ab
T13	0,40	8,4	210.000	1,18 a	2,16 a	2,88 a
T18	0,50	10,5	210.000	1,20 a	1,53 ab	2,66 ab
T23	0,60	12,6	210.000	0,63 a	1,16 ab	1,74 bc
T28	0,70	14,7	210.000	0,55 a	0,72 b	1,06 c
	<b>C.V. (%)</b>			<b>30,04</b>	<b>22,79</b>	<b>15,47</b>
T4	0,20	5,6	280.000	1,31 a	1,67 abc	2,75 ab
T9	0,30	8,4	280.000	1,27 a	1,50 abc	2,60 ab
T14	0,40	11,2	280.000	1,54 a	2,47 a	3,17 a
T19	0,50	14,0	280.000	1,25 a	1,94 ab	2,87 ab
T24	0,60	16,8	280.000	0,83 a	1,38 bc	1,78 bc
T29	0,70	19,6	280.000	0,64 a	0,88 c	1,18 c
	<b>C.V. (%)</b>			<b>30,04</b>	<b>22,79</b>	<b>15,47</b>
T5	0,20	7,0	350.000	1,49 ab	2,16 abc	2,68 ab
T10	0,30	10,5	350.000	1,25 ab	2,21 abc	3,04 ab
T15	0,40	14,0	350.000	2,03 a	2,64 a	3,56 a
T20	0,50	17,5	350.000	1,51 ab	2,39 ab	3,64 a
T25	0,60	21,0	350.000	0,86 b	1,51 bc	2,17 bc
T30	0,70	24,5	350.000	0,83 b	1,29 c	1,49 c
	<b>C.V. (%)</b>			<b>30,04</b>	<b>22,79</b>	<b>15,47</b>

Tabela 11. Valores médios para índice de área foliar da soja, cultivar Conquista nos estádios fenológicos R<sub>4</sub>/R<sub>5</sub>, R<sub>5</sub> e R<sub>5</sub>/R<sub>6</sub>, cultivar Conquista, apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Tratamentos	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	28/02 (R <sub>4</sub> /R <sub>5</sub> )	07/03 (R <sub>5</sub> )	14/03 (R <sub>5</sub> /R <sub>6</sub> )
T1	0,20	1,4	70.000	1,99 a	2,54 a	2,23 a
T6	0,30	2,1	70.000	1,97 a	2,10 ab	2,20 a
T11	0,40	2,8	70.000	1,97 a	2,36 a	2,24 a
T16	0,50	3,5	70.000	1,72 a	2,13 ab	2,08 a
T21	0,60	4,2	70.000	1,13 a	1,85 ab	1,43 ab
T26	0,70	4,9	70.000	0,82 a	0,95 b	1,04 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>13,98</b>	<b>15,77</b>	<b>11,97</b>
T2	0,20	2,8	140.000	2,61 a	3,12 a	2,88 a
T7	0,30	4,2	140.000	2,65 a	3,29 a	2,74 a
T12	0,40	5,6	140.000	2,68 a	3,05 a	2,70 a
T17	0,50	7,0	140.000	2,66 a	2,66 a	2,62 a
T22	0,60	8,4	140.000	1,77 a	2,11 ab	2,15 ab
T27	0,70	9,8	140.000	1,40 a	1,23 b	1,42 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>13,98</b>	<b>15,77</b>	<b>11,97</b>
T3	0,20	4,2	210.000	2,67 ab	2,96 ab	2,70 ab
T8	0,30	6,3	210.000	2,77 ab	3,14 ab	2,81 ab
T13	0,40	8,4	210.000	3,16 a	3,35 a	3,19 a
T18	0,50	10,5	210.000	3,16 a	3,29 ab	2,96 ab
T23	0,60	12,6	210.000	2,21 ab	2,72 ab	2,50 ab
T28	0,70	14,7	210.000	1,58 b	2,09 b	2,11 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>13,98</b>	<b>15,77</b>	<b>11,97</b>
T4	0,20	5,6	280.000	3,09 a	3,70 a	3,18 a
T9	0,30	8,4	280.000	3,11 a	3,23 a	3,04 a
T14	0,40	11,2	280.000	3,53 a	3,42 a	3,27 a
T19	0,50	14,0	280.000	3,03 a	3,23 a	2,97 a
T24	0,60	16,8	280.000	2,32 ab	3,07 ab	2,66 ab
T29	0,70	19,6	280.000	1,59 b	1,96 b	1,91 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>13,98</b>	<b>15,77</b>	<b>11,97</b>
T5	0,20	7,0	350.000	3,14 abc	3,08 ab	3,06 a
T10	0,30	10,5	350.000	3,25 abc	3,44 ab	3,15 a
T15	0,40	14,0	350.000	3,64 a	3,78 a	3,30 a
T20	0,50	17,5	350.000	3,58 ab	3,28 ab	3,17 a
T25	0,60	21,0	350.000	2,34 bc	2,63 ab	2,59 a
T30	0,70	24,5	350.000	2,27 c	2,41 b	2,44 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>13,98</b>	<b>15,77</b>	<b>11,97</b>



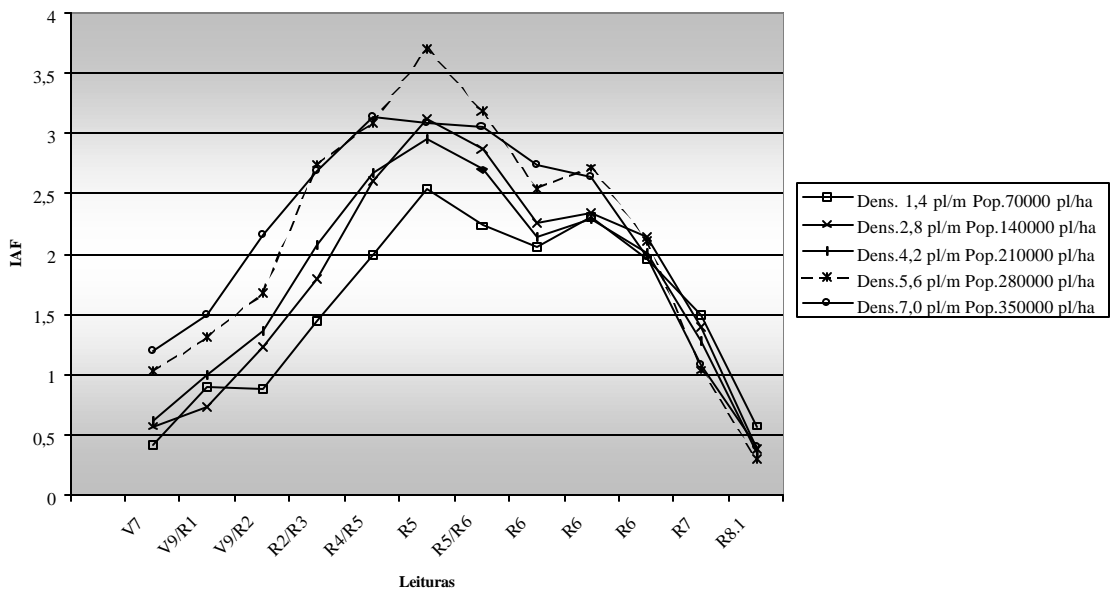


Figura 51 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se densidade de plantas e população, fixando-se o espaçamento entre linhas em 0,20 m.

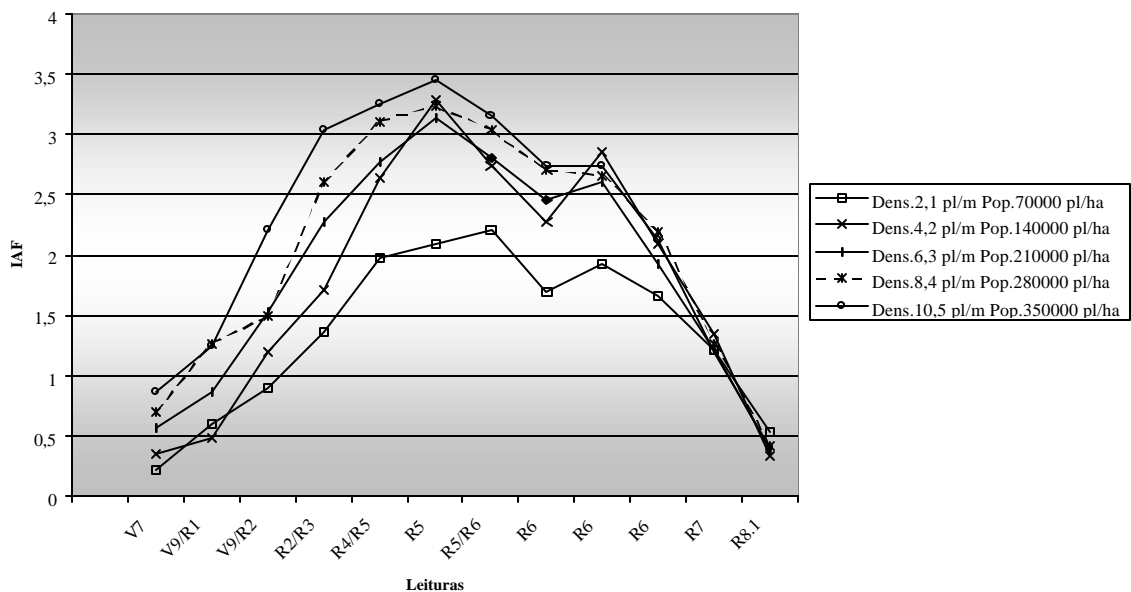


Figura 52 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se densidade de plantas e população, fixando-se o espaçamento entre linhas em 0,30 m.

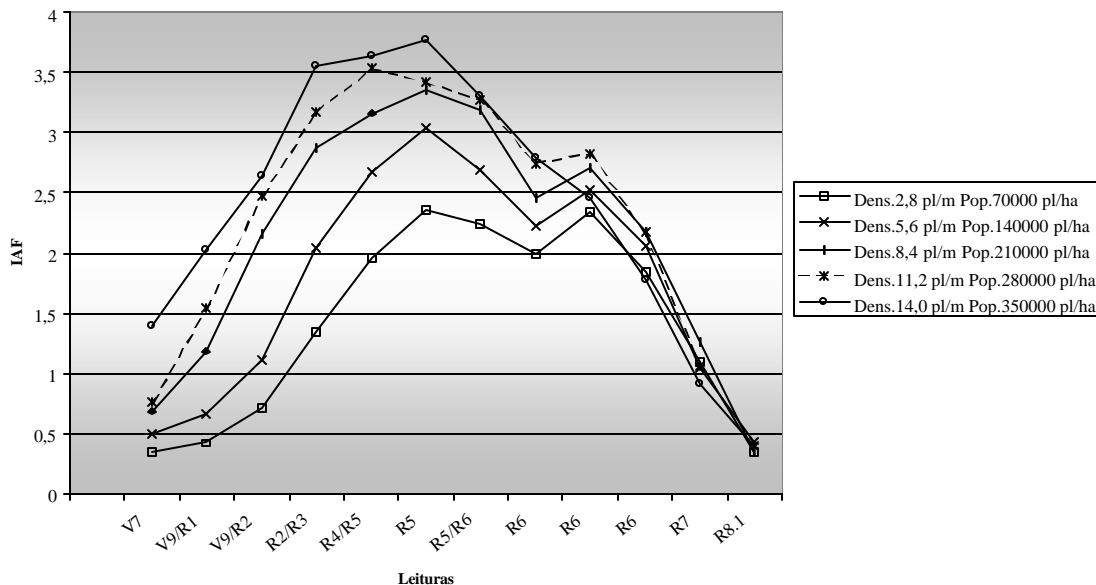


Figura 53 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se densidade de plantas e população, fixando-se o espaçamento entre linhas em 0,40 m.

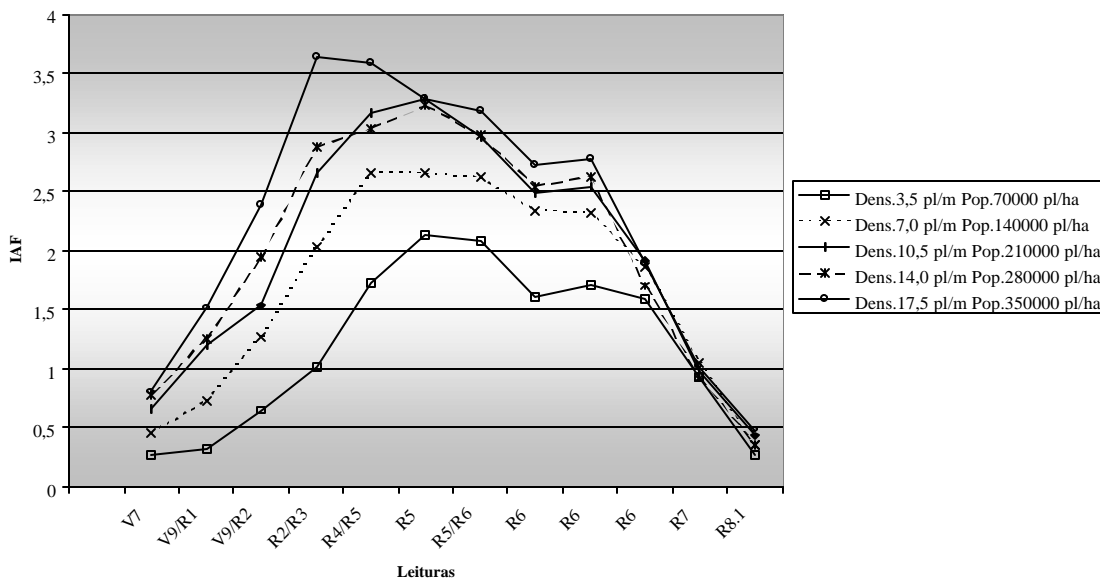


Figura 54 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se densidade de plantas e população, fixando-se o espaçamento entre linhas em 0,50 m.

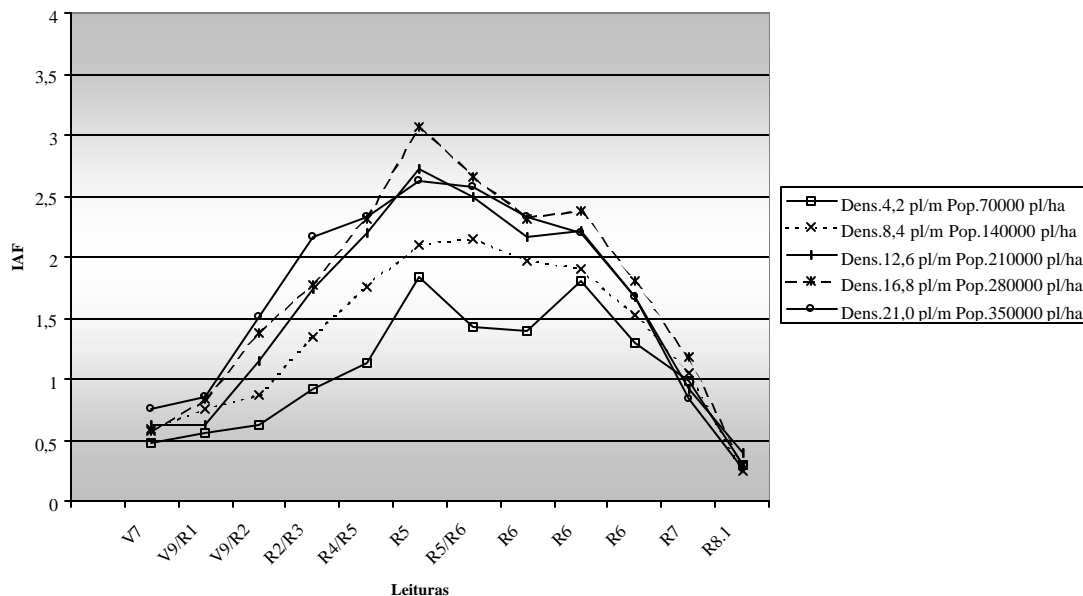


Figura 55 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se densidade de plantas e população, fixando-se o espaçamento entre linhas em 0,60 m.

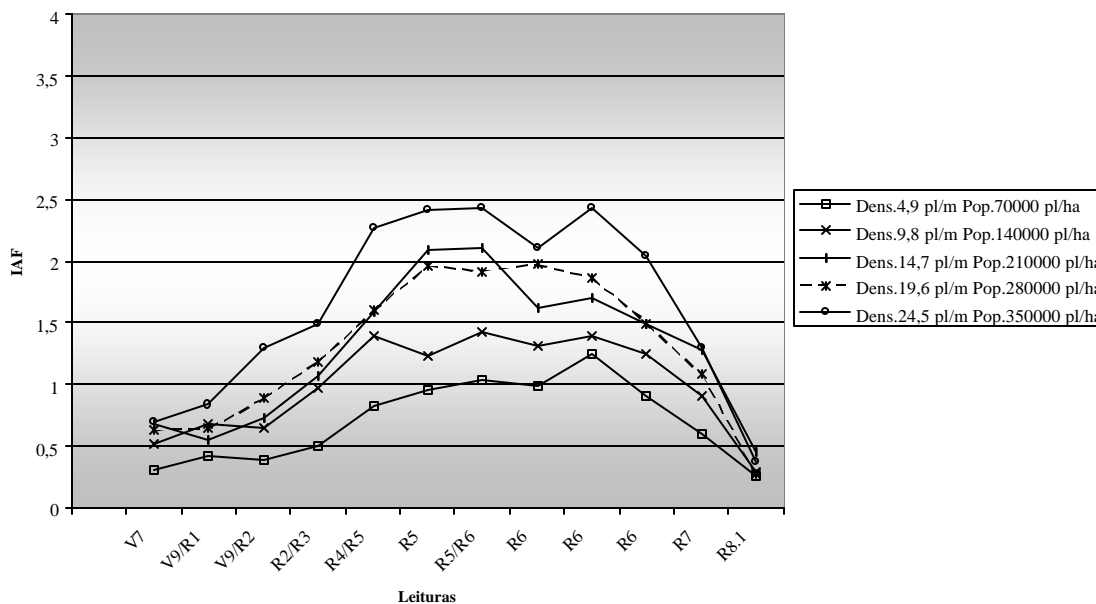


Figura 56 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se densidade de plantas e população, fixando-se o espaçamento entre linhas em 0,70 m.

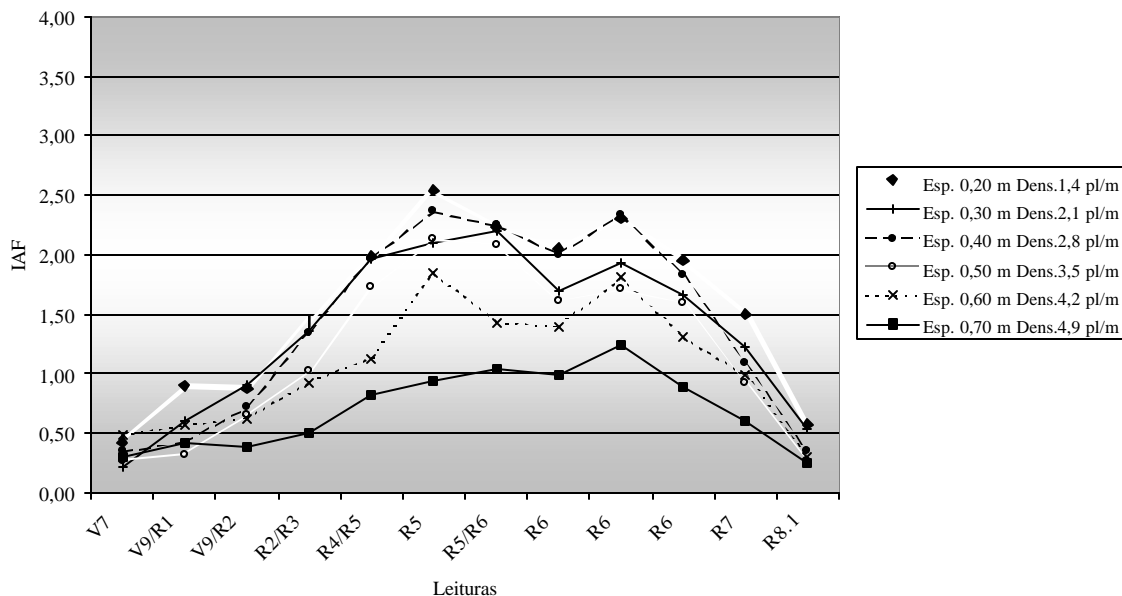


Figura 57 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se os arranjos espaciais, fixando-se a população em 70.000 plantas por hectare.

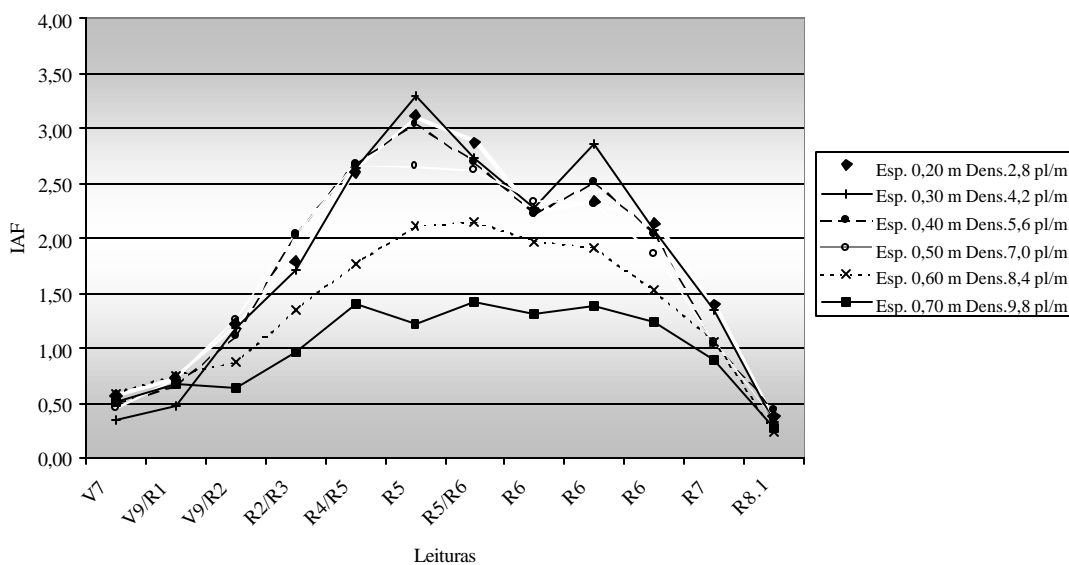


Figura 58 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se os arranjos espaciais, fixando-se a população em 140.000 plantas por hectare.

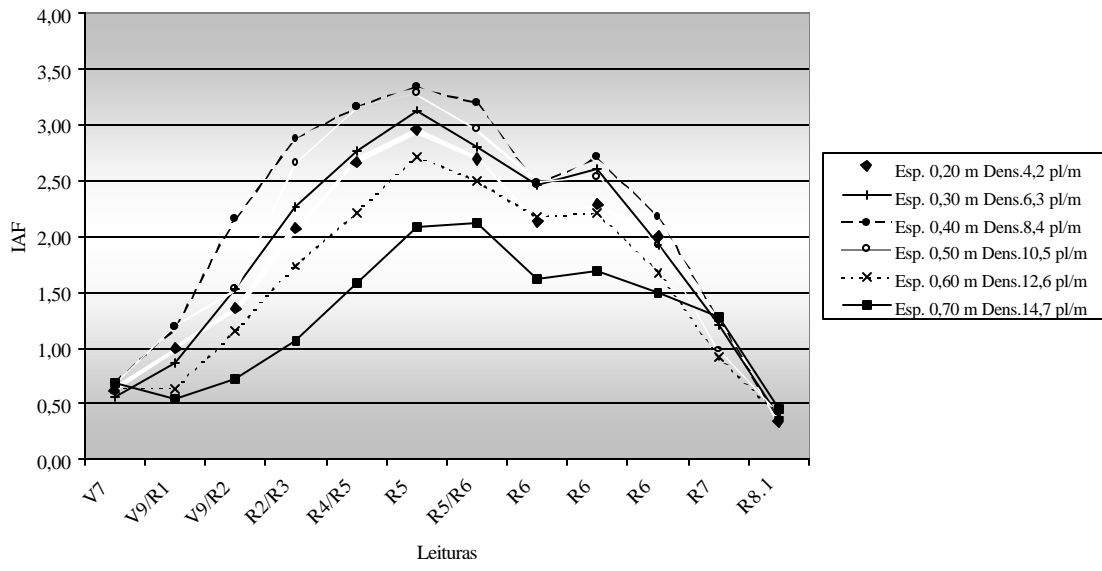


Figura 59 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se os arranjos espaciais, fixando-se a população em 210.000 plantas por hectare.

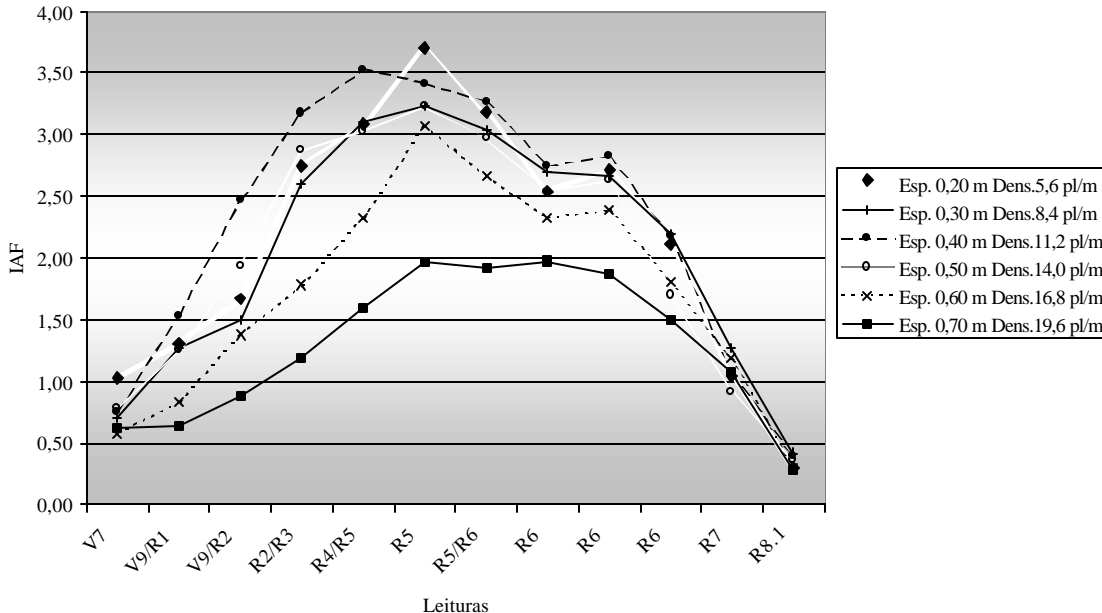


Figura 60 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se os arranjos espaciais, fixando-se a população em 280.000 plantas por hectare.

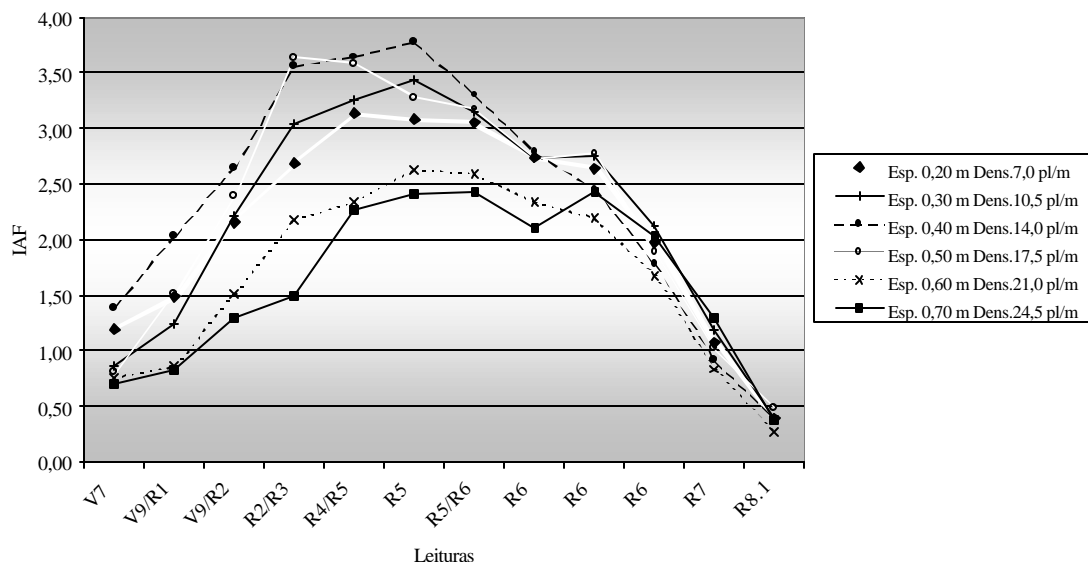


Figura 61 - Valores de IAF para o ciclo da cultura de soja, cultivar Conquista, variando-se os arranjos espaciais, fixando-se a população em 350.000 plantas por hectare.

#### 4.4 Características Agronômicas

Na tabela 12, verifica-se que sob os tratamentos onde os espaçamentos são menores e as populações maiores, a altura final de plantas foi maior, enquanto que para os tratamentos onde os espaçamentos são maiores e as populações menores, a altura final de plantas foi menor.

Observa-se, também, que as variáveis, altura de inserção de 1ª vagem e número de ramificações por planta são inversamente proporcionais, sendo que os tratamentos referentes às menores populações propiciaram uma menor altura de inserção de 1ª vagem e, portanto, maior número de ramificações por planta. Sendo o inverso verdadeiro para os tratamentos referentes às maiores populações.

Tabela 12. Valores médios observados para estande inicial (plantas/linha), altura final de planta, altura de inserção da 1ª vagem, número de ramificações e estande final (plantas/linha), apresentados por tratamento. Piracicaba, SP, 2002

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	Estande Inicial	Alt. Final Planta (cm)	Alt. Inserção 1ª vagem	Nº Ramif.	Estande Final
T1	0,20	1,4	70.000	7	40,8	8,5	3,7	6
T2	0,20	2,8	140.000	14	44,5	13,7	2,7	11
T3	0,20	4,2	210.000	21	43,6	13,9	2,0	17
T4	0,20	5,6	280.000	28	47,1	16,0	2,0	22
T5	0,20	7,0	350.000	35	52,7	20,3	1,0	28
T6	0,30	2,1	70.000	11	39,7	9,3	3,7	8
T7	0,30	4,2	140.000	21	45,0	11,7	3,0	17
T8	0,30	6,3	210.000	32	50,0	17,1	2,3	26
T9	0,30	8,4	280.000	42	53,1	17,8	2,0	35
T10	0,30	10,5	350.000	53	53,8	21,5	1,0	42
T11	0,40	2,8	70.000	14	43,2	8,5	4,0	12
T12	0,40	5,6	140.000	28	45,8	12,0	2,7	23
T13	0,40	8,4	210.000	42	54,3	15,5	2,7	36
T14	0,40	11,2	280.000	56	51,2	15,7	2,0	47
T15	0,40	14,0	350.000	70	63,9	19,7	1,7	56
T16	0,50	3,5	70.000	18	43,7	7,4	3,7	14
T17	0,50	7,0	140.000	35	53,3	14,6	2,7	29
T18	0,50	10,5	210.000	53	58,7	17,5	2,3	44
T19	0,50	14,0	280.000	70	62,5	19,1	1,7	58
T20	0,50	17,5	350.000	88	59,4	19,8	1,3	72
T21	0,60	4,2	70.000	21	42,3	7,8	3,0	18
T22	0,60	8,4	140.000	41	47,5	12,7	2,7	37
T23	0,60	12,6	210.000	63	53,8	14,6	2,0	53
T24	0,60	16,8	280.000	84	53,2	14,0	1,7	70
T25	0,60	21,0	350.000	105	54,7	17,2	1,0	90
T26	0,70	4,9	70.000	24	38,9	9,1	3,0	20
T27	0,70	9,8	140.000	49	46,2	10,9	1,7	43
T28	0,70	14,7	210.000	74	52,7	13,5	2,0	57
T29	0,70	19,6	280.000	98	52,5	16,8	1,3	85
T30	0,70	24,5	350.000	123	52,5	15,6	1,0	90

Avaliando-se os tratamentos em relação ao fator população, observa-se que na população equivalente a 350.000 plantas por hectare, as plantas, praticamente, não

apresentam ramificações, apresentando altura final de planta e de inserção de 1ª vagem maiores e mais uniformes. Já, a população de 70.000 plantas por hectare, não importando o espaçamento, apresenta grande número de ramificações por planta, altura final de planta média e baixa altura de inserção de 1ª vagem e número de ramificações por planta (Tabela 12).

O teste de Tukey para comparação de médias não revelou diferenças significativas para altura final de planta e altura de inserção na 1ª vagem quanto ao espaçamento entre linhas adotado (Tabela 13). Avaliando-se os tratamentos em relação ao fator espaçamento entre linhas, observa-se na tabela 12, que há variações no número de ramificações por planta, conforme a densidade de plantas na linha aumenta, mantendo-se o mesmo espaçamento. Alterando-se a densidade de sementeira, altera-se a densidade de plantas na linha, de maneira que, por meio do manejo populacional modifica-se a altura final de planta e a altura de inserção de 1ª vagem.

Enquanto a altura final de planta e a altura de inserção de 1ª vagem não variaram significativamente com as variações de espaçamentos entre linhas, o número de ramificações por planta diminuiu com a abertura do espaçamento, tendo o espaçamento de 0,70 m proporcionado menor número de ramificações por planta do que o espaçamento de 0,50 m entre linhas (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios observados para altura final de planta, altura de inserção da 1ª vagem e número de ramificações, apresentados por espaçamento entre linhas. Piracicaba, SP, 2002

Espaçamentos entre linhas (m)	Alt. Final de Planta (cm)	Alt. Inserção 1ª vagem	Nº Ramificações
0,20	45,8 a	14,5 a	2,3 ab
0,30	48,3 a	15,5 a	2,4 ab
0,40	51,7 a	14,3 a	2,6 a
0,50	55,5 a	15,7 a	2,3 ab
0,60	50,3 a	13,2 a	2,1 ab
0,70	48,6 a	13,2 a	1,8 b
D.M.S.	10,31	3,25	0,70
C.V. (%)	7,27	7,97	10,99



Na tabela 14, observa-se que para a população de 70.000 plantas por hectare, não importando o espaçamento, não houve diferenças significativas para altura final de planta, altura de inserção de 1ª vagem e número de ramificações. Porém, avaliando-se os arranjos espaciais que determinaram a população de 70.000 plantas por hectare, observa-se que as plantas, em relação as demais, apresentaram menor altura final e de inserção de 1ª vagem e maior número de ramificações. Isto devido a uma menor competição intraespecífica, uma baixa densidade de plantas. Segundo Gilioli et al. (1988), a densidade de plantas na linha é fator modificador da arquitetura da planta, permitindo que esta se adapte a certas condições, como por exemplo, à mecanização da colheita.

Para as populações de 140.000 plantas por hectare, não se observaram diferenças significativas quanto à altura final de planta e de inserção de 1ª vagem, o mesmo não sendo observado para o número de ramificações por planta, sendo que o maior espaçamento produziu menor número de ramificações, de onde se pode inferir que a competição na linha ou a densidade de plantas na linha de semeadura é que determina o número de ramificações.

Ainda na tabela 14, diferenças estatisticamente significativas quanto à altura final de planta podem ser observadas para as populações de 210.000 e 280.000 plantas por hectare. Para o menor espaçamento entre linhas (0,20 m), observam-se plantas de menor porte, o que não acarretou variações significativas na altura de inserção de 1ª vagem. Para ambas as populações em questão, o maior porte de plantas é observado no espaçamento de 0,50 m entre linhas.

Reis et al. (1977) constataram que não houve efeito dos espaçamentos sobre as características estudadas, porém as densidades tiveram efeito, altamente significativo, sobre a altura das plantas e altura da primeira vagem, isto tendo sido constatado também por Nakagawa et al. (1986) para o número de ramificações por planta. Segundo Câmara (1998a) e Martins et al. (1999), alterando-se a densidade de semeadura, altera-se a densidade de plantas na linha, de maneira que, por meio do manejo populacional modifica-se a altura da planta.

Tabela 14. Valores médios observados para estande inicial (plantas/linha), altura final de planta, altura de inserção da 1ª vagem, número de ramificações e estande final (plantas/linha), apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	Estande Inicial	Alt. Final Planta (cm)	Alt. Inserção 1ª vagem	Nº Ramif.	Estande Final
T1	0,20	1,4	70.000	7	40,8 a	8,5 a	3,7 a	6
T6	0,30	2,1	70.000	11	39,7 a	9,3 a	3,7 a	8
T11	0,40	2,8	70.000	14	43,2 a	8,5 a	4,0 a	12
T16	0,50	3,5	70.000	18	43,7 a	7,4 a	3,7 a	14
T21	0,60	4,2	70.000	21	42,3 a	7,8 a	3,0 a	18
T26	0,70	4,9	70.000	24	38,9 a	9,1 a	3,0 a	20
	<b>C.V. (%)</b>			-	<b>10,07</b>	<b>13,92</b>	<b>21,78</b>	-
T2	0,20	2,8	140.000	14	44,5 a	13,7 a	2,7 ab	11
T7	0,30	4,2	140.000	21	45,0 a	11,7 a	3,0 a	17
T12	0,40	5,6	140.000	28	45,8 a	12,0 a	2,7 ab	23
T17	0,50	7,0	140.000	35	53,3 a	14,6 a	2,7 ab	29
T22	0,60	8,4	140.000	41	47,5 a	12,7 a	2,7 ab	37
T27	0,70	9,8	140.000	49	46,2 a	10,9 a	1,7 b	43
	<b>C.V. (%)</b>			-	<b>10,07</b>	<b>13,92</b>	<b>21,78</b>	-
T3	0,20	4,2	210.000	21	43,6 b	13,9 a	2,0 a	17
T8	0,30	6,3	210.000	32	50,0 ab	17,1 a	2,3 a	26
T13	0,40	8,4	210.000	42	54,3 ab	15,5 a	2,7 a	36
T18	0,50	10,5	210.000	53	58,7 a	17,5 a	2,3 a	44
T23	0,60	12,6	210.000	63	53,8 ab	14,6 a	2,0 a	53
T28	0,70	14,7	210.000	74	52,7 ab	13,5 a	2,0 a	57
	<b>C.V. (%)</b>			-	<b>10,07</b>	<b>13,92</b>	<b>21,78</b>	-
T4	0,20	5,6	280.000	28	47,1 b	16,0 a	2,0 a	22
T9	0,30	8,4	280.000	42	53,1 ab	17,8 a	2,0 a	35
T14	0,40	11,2	280.000	56	51,2 ab	15,7 a	2,0 a	47
T19	0,50	14,0	280.000	70	62,5 a	19,1 a	1,7 a	58
T24	0,60	16,8	280.000	84	53,2 ab	14,0 a	1,7 a	70
T29	0,70	19,6	280.000	98	52,5 ab	16,8 a	1,3 a	85
	<b>C.V. (%)</b>			-	<b>10,07</b>	<b>13,92</b>	<b>21,78</b>	-
T5	0,20	7,0	350.000	35	52,7 a	20,3 ab	1,0 a	28
T10	0,30	10,5	350.000	53	53,8 a	21,5 a	1,0 a	42
T15	0,40	14,0	350.000	70	63,9 a	19,7 ab	1,7 a	56
T20	0,50	17,5	350.000	88	59,4 a	19,8 ab	1,3 a	72
T25	0,60	21,0	350.000	105	54,7 a	17,2 ab	1,0 a	90
T30	0,70	24,5	350.000	123	52,5 a	15,6 b	1,0 a	90
	<b>C.V. (%)</b>			-	<b>10,07</b>	<b>13,92</b>	<b>21,78</b>	-

A competição intraespecífica das plantas de soja pelos fatores do ambiente irá determinar maior ou menor porte de planta, maior ou menor número de ramificações, fatores estes inversamente proporcionais. Sob maiores densidades de plantas na linha, há uma menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo, com menor formação de ramos, sendo os fotossimilados destinados ao crescimento das plantas em altura.

Avaliando-se o grau de acamamento, obteve-se para todos os tratamentos nota 1, o que indica que os arranjos espaciais adotados para o presente experimento foram adequados. Reis et al. (1977) obtiveram resultados significativos quanto a influência dos espaçamentos sobre o grau de acamamento.

Um dos componentes da produção da planta que contribui para a maior tolerância em produtividade à variação na população é o número de vagens por planta que varia inversamente ao aumento ou redução da população (Peixoto et al., 2000).

Nas tabelas 15, 16 e 17, observa-se que dentro de cada espaçamento, as menores populações (70.000 e 140.000 plantas por hectare) proporcionaram maiores valores para o número total de vagens e número total de grãos por planta. Decompondo-se o número total de vagens nas categorias estudadas, constata-se, de maneira geral, maior participação numérica das vagens com 3 e 2 grãos, seguidas de vagens chochas e com apenas 1 grão. Na categoria vagens chochas, dentro de cada espaçamento observa-se maior chochamento de vagens nas menores populações. Nakagawa et al. (1986), assim como Costa & Pendleton (1979), observaram menores porcentagens de vagens granadas nos tratamentos relativos a menores densidades de plantas na linha, o que indica que nestas condições, um maior número de vagens formadas, em função da competição nutricional entre as inflorescências dentro da planta, não desenvolveu suas sementes.

Na tabela 15, observam-se maiores valores para o número total de grãos (acima de 100 grãos por planta) para as populações de 70.000 e 140.000 plantas por hectare. Proporcionalmente ao aumento da população de plantas, observa-se redução tanto no número total de grãos, quanto no número total de vagens formadas por planta. Decompondo-se esta última, notam-se duas situações: a) maior participação de vagens com 3 e 2 grãos seguidos de vagens chochas e de vagens com apenas 1 grão; b) todas as

categorias avaliadas diminuem em quantidade proporcionalmente ao aumento da população de plantas. Estes resultados confirmam a maior competição intraespecífica pelos fotoassimilados para o maior crescimento das plantas em altura, em detrimento do aumento de ramificações produtivas por planta, fato este também observado por Câmara (1998a), Peixoto (1998) e Martins et al. (1999).

Os espaçamentos entre linhas estudados não mostraram diferenças significativas quanto ao número de vagens chochas, com 1, com 2 e com 3 grãos, o mesmo não ocorrendo para o número total de vagens e de grãos por planta. Para todos os espaçamentos entre linhas manteve-se uma proporção relativamente constante entre número de vagens chochas, com 1, 2 e 3 grãos (Tabela 16).

Na tabela 15, apresenta-se também, o número médio de grãos por vagem, calculado a partir da razão entre o número total de grãos e o número total de vagens por planta. Nota-se que essa característica não variou em função dos tratamentos, indicando que o número de grãos por vagem no cultivar MG/BR 46 (Conquista) é uma característica tipicamente genética e que não sofreu nenhuma influência dos diferentes arranjos espaciais utilizados.

Tabela 15. Valores médios, em dez plantas, para número de vagens chochas, com 1 grão (C/1), com 2 grãos (C/2) e com três grãos (C/3), número total de vagens e de grãos por planta e número de grãos por vagem, apresentados por tratamento. Piracicaba, SP, 2002

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	Vagens Chochas	C/ 1	C/2	C/3	Total Vagens	Total Grãos	Grãos/Vagem
T1	0,20	1,4	70.000	12,0	4,7	45,3	44,3	106,0	199,7	1,9
T2	0,20	2,8	140.000	5,7	2,3	29,7	30,7	68,7	136,7	2,0
T3	0,20	4,2	210.000	4,0	1,7	20,7	24,0	50,0	99,3	2,0
T4	0,20	5,6	280.000	4,3	2,0	18,7	20,0	44,7	86,3	1,9
T5	0,20	7,0	350.000	2,0	0,7	11,3	13,7	28,7	56,3	2,0
T6	0,30	2,1	70.000	8,7	4,3	43,7	40,3	96,3	183,7	1,9
T7	0,30	4,2	140.000	6,0	2,0	32,7	30,3	71,0	139,3	2,0
T8	0,30	6,3	210.000	4,7	1,3	18,3	21,3	45,3	85,3	1,9
T9	0,30	8,4	280.000	3,3	1,3	18,0	20,3	42,7	88,0	2,1
T10	0,30	10,5	350.000	2,0	0,7	11,0	11,3	25,0	50,0	2,0
T11	0,40	2,8	70.000	7,7	4,3	51,3	44,0	107,0	216,7	2,0
T12	0,40	5,6	140.000	5,7	2,0	31,0	28,0	66,3	130,7	2,0
T13	0,40	8,4	210.000	4,7	2,3	21,3	25,7	54,0	107,7	2,0
T14	0,40	11,2	280.000	4,0	1,3	19,3	18,0	42,7	80,7	1,9
T15	0,40	14,0	350.000	3,0	1,3	18,3	17,0	39,3	77,7	2,0
T16	0,50	3,5	70.000	8,3	4,3	48,3	38,7	100,0	193,7	1,9
T17	0,50	7,0	140.000	6,3	2,3	30,7	33,0	72,0	141,7	2,0
T18	0,50	10,5	210.000	4,3	1,3	22,3	22,3	50,0	98,7	2,0
T19	0,50	14,0	280.000	4,0	1,3	15,3	18,3	38,3	76,3	2,0
T20	0,50	17,5	350.000	2,7	0,0	14,0	14,3	31,0	60,7	2,0
T21	0,60	4,2	70.000	6,0	5,7	51,7	39,3	102,7	203,0	2,0
T22	0,60	8,4	140.000	5,7	2,3	33,0	29,7	70,7	140,7	2,0
T23	0,60	12,6	210.000	5,3	1,7	22,0	21,3	50,0	94,0	1,9
T24	0,60	16,8	280.000	5,0	1,7	20,0	18,0	44,7	80,3	1,8
T25	0,60	21,0	350.000	2,7	0,7	15,7	12,3	31,7	59,7	1,9
T26	0,70	4,9	70.000	6,0	3,0	34,0	31,3	74,3	147,7	2,0
T27	0,70	9,8	140.000	4,3	1,7	21,3	21,3	48,0	96,0	2,0
T28	0,70	14,7	210.000	3,0	1,3	22,7	21,0	48,3	97,3	2,0
T29	0,70	19,6	280.000	2,3	1,0	17,3	13,3	34,0	68,0	2,0
T30	0,70	24,5	350.000	1,7	0,7	10,7	10,0	22,7	43,7	1,9

Tabela 16. Valores médios, em dez plantas, para número de vagens chochas, com 1 grão (C/1), com 2 grãos (C/2) e com três grãos (C/3) e número total de vagens e de grãos por planta, apresentados por espaçamento entre linhas. Piracicaba, SP, 2002

Espaçamentos entre linhas (m)	Vagens Chochas	C/ 1	C/2	C/3	Total Vagens	Total Grãos
0,20	5,6 a	2,3 a	25,1 a	26,5 a	59,6 a	115,7 a
0,30	4,9 a	1,9 a	24,7 a	24,7 a	56,1 a	109,3 a
0,40	5,0 a	2,3 a	28,3 a	26,5 a	61,9 a	122,7 a
0,50	5,1 a	1,9 a	26,1 a	25,3 a	58,3 a	114,2 a
0,60	4,9 a	2,4 a	28,5 a	24,1 a	59,9 a	115,5 a
0,70	3,5 a	1,5 a	21,2 a	19,4 a	45,5 a	90,5 a
D.M.S.	3,62	1,20	9,19	8,77	18,75	39,67
C.V. (%)	26,38	20,73	12,64	12,66	11,63	12,57

Na tabela 17 são observadas diferenças significativas na população de 70.000 plantas por hectare para número de vagens chochas, com 1 grão, com 2 grãos, total de vagens e de grãos. O espaçamento de 0,20 m entre linhas somado a baixa densidade de plantas na linha fez com que as plantas produzissem uma elevada quantidade de vagens chochas, o que, porém, não determinou decréscimo na produção total de grãos por planta. A maior produção de vagens viáveis, conseqüentemente uma maior produção de grãos por planta, é observada no espaçamento de 0,40 m entre linhas.

O número total de grãos, estando estreitamente relacionado com o número total de vagens, apresenta variação semelhante a este, de forma que também diminui com o aumento da população (Val et al., 1971).

Tabela 17. Valores médios, em dez plantas, para número de vagens chochas, com 1 grão (C/1), com 2 grãos (C/2) e com três grãos (C/3) e número total de vagens e de grãos por planta, apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	Vagens Chochas	C/ 1	C/2	C/3	Total Vagens	Total Grãos
T1	0,20	1,4	70.000	12,0 a	4,7 ab	45,3 ab	44,3 a	106,0 a	199,7 ab
T6	0,30	2,1	70.000	8,7 ab	4,3 ab	43,7 ab	40,3 a	96,3 ab	183,7 ab
T11	0,40	2,8	70.000	7,7 ab	4,3 ab	51,3 a	44,0 a	107,0 a	216,7 a
T16	0,50	3,5	70.000	8,3 ab	4,3 ab	48,3 a	38,7 a	100,0 ab	193,7 ab
T21	0,60	4,2	70.000	6,0 b	5,7 a	51,7 a	39,3 a	102,7 ab	203,0 ab
T26	0,70	4,9	70.000	6,0 b	3,0 b	34,0 b	31,3 a	74,3 b	147,7 b
	<b>C.V. (%)</b>			<b>46,72</b>	<b>42,20</b>	<b>18,74</b>	<b>22,64</b>	<b>19,62</b>	<b>18,90</b>
T2	0,20	2,8	140.000	5,7 a	2,3 a	29,7 a	30,7 a	68,7 a	136,7 a
T7	0,30	4,2	140.000	6,0 a	2,0 a	32,7 a	30,3 a	71,0 a	139,3 a
T12	0,40	5,6	140.000	5,7 a	2,0 a	31,0 a	28,0 a	66,3 a	130,7 a
T17	0,50	7,0	140.000	6,3 a	2,3 a	30,7 a	33,0 a	72,0 a	141,7 a
T22	0,60	8,4	140.000	5,7 a	2,3 a	33,0 a	29,7 a	70,7 a	140,7 a
T27	0,70	9,8	140.000	4,3 a	1,7 a	21,3 a	21,3 a	48,0 a	96,0 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>46,72</b>	<b>42,20</b>	<b>18,74</b>	<b>22,64</b>	<b>19,62</b>	<b>18,90</b>
T3	0,20	4,2	210.000	4,0 a	1,7 a	20,7 a	24,0 a	50,0 a	99,3 a
T8	0,30	6,3	210.000	4,7 a	1,3 a	18,3 a	21,3 a	45,3 a	85,3 a
T13	0,40	8,4	210.000	4,7 a	2,3 a	21,3 a	25,7 a	54,0 a	107,7 a
T18	0,50	10,5	210.000	4,3 a	1,3 a	22,3 a	22,3 a	50,0 a	98,7 a
T23	0,60	12,6	210.000	5,3 a	1,7 a	22,0 a	21,3 a	50,0 a	94,0 a
T28	0,70	14,7	210.000	3,0 a	1,3 a	22,7 a	21,0 a	48,3 a	97,3 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>46,72</b>	<b>42,20</b>	<b>18,74</b>	<b>22,64</b>	<b>19,62</b>	<b>18,90</b>
T4	0,20	5,6	280.000	4,3 a	2,0 a	18,7 a	20,0 a	44,7 a	86,3 a
T9	0,30	8,4	280.000	3,3 a	1,3 a	18,0 a	20,3 a	42,7 a	88,0 a
T14	0,40	11,2	280.000	4,0 a	1,3 a	19,3 a	18,0 a	42,7 a	80,7 a
T19	0,50	14,0	280.000	4,0 a	1,3 a	15,3 a	18,3 a	38,3 a	76,3 a
T24	0,60	16,8	280.000	5,0 a	1,7 a	20,0 a	18,0 a	44,7 a	80,3 a
T29	0,70	19,6	280.000	2,3 a	1,0 a	17,3 a	13,3 a	34,0 a	68,0 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>46,72</b>	<b>42,20</b>	<b>18,74</b>	<b>22,64</b>	<b>19,62</b>	<b>18,90</b>
T5	0,20	7,0	350.000	2,0 a	0,7 a	11,3 a	13,7 a	28,7 a	56,3 a
T10	0,30	10,5	350.000	2,0 a	0,7 a	11,0 a	11,3 a	25,0 a	50,0 a
T15	0,40	14,0	350.000	3,0 a	1,3 a	18,3 a	17,0 a	39,3 a	77,7 a
T20	0,50	17,5	350.000	2,7 a	0,0 a	14,0 a	14,3 a	31,0 a	60,7 a
T25	0,60	21,0	350.000	2,7 a	0,7 a	15,7 a	12,3 a	31,7 a	59,7 a
T30	0,70	24,5	350.000	1,7 a	0,7 a	10,7 a	10,0 a	22,7 a	43,7 a
	<b>C.V. (%)</b>			<b>46,72</b>	<b>42,20</b>	<b>18,74</b>	<b>22,64</b>	<b>19,62</b>	<b>18,90</b>

Observa-se ainda que quanto maior a competição intraespecífica, determinada pelo maior número de plantas na linha, menor é a produtividade por planta, o que é compensado ao final pelo número total de plantas por unidade de área. Nakagawa et al. (1986) estudando o desempenho de dois cultivares de soja sob densidades de 7, 14 e 21 plantas por metro, constataram que o número de plantas por unidade de área compensou a menor produção por planta, originando maior produtividade. O mesmo foi verificado por diversos pesquisadores, que constataram que muitos cultivares de soja suportam ampla variação na população de plantas, sem apresentarem mudanças apreciáveis na produtividade (Queiroz, 1975).

Entre os componentes da produção da planta tem-se o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e a massa da semente. Todos possuem controle genético, porém, em função da planta de soja ajustar-se ao espaço disponível, ora aumentando, ora diminuindo a sua altura e, principalmente, o número de ramificações da haste principal, tem-se que o número de vagens por planta, principalmente o número de vagens granadas, é o componente da produção da planta mais influenciável pelas condições de manejo e do ambiente de produção (Cooperative, 1994; Câmara, 1998a; Marchiori, 1998; Thomas et al., 1998; Martins et al., 1999; Peixoto et al., 1999; Pires et al., 2000)

#### **4.5 Massa de 1000 Grãos e Produtividade Agrícola**

Na tabela 18 são apresentados os valores médios observados para a massa de 1000 grãos e para a produtividade agrícola. Devido ao fator compactação subsuperficial do solo, associado ao fator pouca disponibilidade hídrica na fase mediana e final da granação das vagens, já consideradas no início das discussões dos resultados, é que se justifica a maioria das produtividades agrícolas abaixo dos 2.500 kg por hectare, estimados para o cultivar Conquista no presente trabalho.

Numericamente, apenas cinco tratamentos proporcionaram produtividades superiores a 2.600 kg/ha, a saber: T14 com 2.740,1 kg/ha (280.000 plantas/ha); T20 com



2.677,3 kg/ha (350.000 plantas/ha); T7 com 2.659,9 kg/ha (140.000 plantas/ha); T9 com 2.635,3 kg/ha (280.000 plantas/ha) e T10 com 2.608,3 kg/ha (350.000 plantas/ha).

Tabela 18. Valores médios para massa de 1000 grãos e produtividade agrícola, ambas corrigidas a 13% de umidade, apresentados por tratamento. Piracicaba, SP, 2002

Tratamentos	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	Massa 1000 grãos (g)	Produtividade Agrícola (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	0,20	1,4	70.000	182,93	1818,19
T2	0,20	2,8	140.000	182,90	2366,11
T3	0,20	4,2	210.000	181,76	2261,88
T4	0,20	5,6	280.000	182,22	2376,37
T5	0,20	7,0	350.000	177,36	2233,36
T6	0,30	2,1	70.000	180,52	1699,80
T7	0,30	4,2	140.000	183,53	2659,89
T8	0,30	6,3	210.000	178,96	2296,05
T9	0,30	8,4	280.000	185,22	2635,30
T10	0,30	10,5	350.000	182,33	2608,28
T11	0,40	2,8	70.000	201,25	2256,26
T12	0,40	5,6	140.000	182,62	2478,84
T13	0,40	8,4	210.000	186,90	2295,38
T14	0,40	11,2	280.000	184,95	2740,10
T15	0,40	14,0	350.000	183,15	2663,48
T16	0,50	3,5	70.000	188,68	2072,53
T17	0,50	7,0	140.000	180,94	2530,95
T18	0,50	10,5	210.000	183,29	2529,38
T19	0,50	14,0	280.000	180,34	2263,77
T20	0,50	17,5	350.000	186,35	2677,32
T21	0,60	4,2	70.000	186,18	1956,82
T22	0,60	8,4	140.000	183,70	2114,03
T23	0,60	12,6	210.000	180,42	1972,24
T24	0,60	16,8	280.000	183,57	2145,34
T25	0,60	21,0	350.000	181,58	2091,72
T26	0,70	4,9	70.000	183,79	1533,39
T27	0,70	9,8	140.000	186,00	2058,63
T28	0,70	14,7	210.000	181,58	2174,03
T29	0,70	19,6	280.000	175,87	2201,03
T30	0,70	24,5	350.000	185,58	2549,13

Na tabela 19 são apresentadas as mesmas variáveis encontradas na tabela 18, porém, apresentadas por população. Nas tabelas 15 e 17, observou-se que às menores populações estiveram associadas as maiores quantidades de vagens e de grãos por planta. Entretanto, isto não se refletiu em maior produtividade agrícola, conforme se observa nas tabelas 18 e 19. Nestas, observa-se que os maiores valores para massa de 1000 grãos e produtividade agrícola se encontram, de maneira geral, relacionados aos maiores valores de população de plantas. Nota-se também, que grãos mais pesados e melhor produtividade se encontram nos tratamentos cujos espaçamentos entre linhas variam de 0,30 a 0,50 m.

Observando-se, ainda, a tabela 19, nota-se que a produtividade agrícola cresce proporcionalmente com o aumento da população de plantas e, dentro de cada grupo populacional, destaca-se o espaçamento de 0,30 m entre linhas, com exceção para a menor população de plantas de soja por hectare. Em seguida, destaca-se o espaçamento de 0,40 m entre linhas, principalmente, dentro das populações de 70.000, 280.000 e 350.000 plantas por hectare, com as densidades de 2,8; 11,2 e 14,0 plantas por metro de linha, respectivamente.

Estatisticamente, não foram constatadas diferenças significativas entre os espaçamentos entre linhas, para massa de 1000 grãos e produtividade agrícola (Tabela 20).

O efeito da população sobre a massa de grãos é variável. Val et al. (1971), dentre outros pesquisadores, afirmam que a massa de 1000 sementes não sofre variação com a mudança na densidade de plantas na linha. Em contrapartida, autores como Weber et al. (1966), afirmam ter encontrado aumento desta característica relacionado ao aumento da população de plantas. Peixoto (1998) obteve resultados em que o aumento da densidade de plantas na linha aumentou linearmente a massa de grãos.

Tabela 19. Valores médios para massa de 1000 grãos e produtividade agrícola, ambas corrigidas a 13% de umidade, apresentados por população. Piracicaba, SP, 2002

Tratamentos	Esp. (m)	Dens. (pl m <sup>-1</sup> )	Pop. (pl ha <sup>-1</sup> )	Massa 1000 grãos (g)	Produtividade Agrícola (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	0,20	1,4	70.000	182,93 ab	1818,19 a
T6	0,30	2,1	70.000	180,52 b	1699,80 a
T11	0,40	2,8	70.000	201,25 a	2256,26 a
T16	0,50	3,5	70.000	188,68 ab	2072,53 a
T21	0,60	4,2	70.000	186,18 ab	1956,82 a
T26	0,70	4,9	70.000	183,79 ab	1533,39 a
	<b>C.V.(%)</b>			<b>4,42</b>	<b>12,06</b>
T2	0,20	2,8	140.000	182,90 a	2366,11 a
T7	0,30	4,2	140.000	183,53 a	2659,89 a
T12	0,40	5,6	140.000	182,62 a	2478,84 a
T17	0,50	7,0	140.000	180,94 a	2530,95 a
T22	0,60	8,4	140.000	183,70 a	2114,03 a
T27	0,70	9,8	140.000	186,00 a	2058,63 a
	<b>C.V.(%)</b>			<b>4,42</b>	<b>12,06</b>
T3	0,20	4,2	210.000	181,76 a	2261,88 a
T8	0,30	6,3	210.000	178,96 a	2296,05 a
T13	0,40	8,4	210.000	186,90 a	2295,38 a
T18	0,50	10,5	210.000	183,29 a	2529,38 a
T23	0,60	12,6	210.000	180,42 a	1972,24 a
T28	0,70	14,7	210.000	181,58 a	2174,03 a
	<b>C.V.(%)</b>			<b>4,42</b>	<b>12,06</b>
T4	0,20	5,6	280.000	182,22 a	2376,37 a
T9	0,30	8,4	280.000	185,22 a	2635,30 a
T14	0,40	11,2	280.000	184,95 a	2740,10 a
T19	0,50	14,0	280.000	180,34 a	2263,77 a
T24	0,60	16,8	280.000	183,57 a	2145,34 a
T29	0,70	19,6	280.000	175,87 a	2201,03 a
	<b>C.V.(%)</b>			<b>4,42</b>	<b>12,06</b>
T5	0,20	7,0	350.000	177,36 a	2233,36 a
T10	0,30	10,5	350.000	182,33 a	2608,28 a
T15	0,40	14,0	350.000	183,15 a	2663,48 a
T20	0,50	17,5	350.000	186,35 a	2677,32 a
T25	0,60	21,0	350.000	181,58 a	2091,72 a
T30	0,70	24,5	350.000	185,58 a	2549,13 a
	<b>C.V.(%)</b>			<b>4,42</b>	<b>12,06</b>

Neste trabalho, apenas para a população de 70.000 plantas por hectare é que foram observadas diferenças significativas entre espaçamentos, para a massa de 1000 grãos (Tabela 19). Nesse caso, o arranjo espacial determinado pelo espaçamento entre linhas de 0,40 m com 2,8 plantas por metro de linha, proporcionou, numericamente, a maior produtividade agrícola de grãos (2.256,3 kg/ha) e a maior massa de 1000 grãos (201,3 g), significativamente superior a massa de 1000 grãos proporcionada pela combinação de 0,30 m entre linhas com 2,1 plantas por metro de linha.

Tabela 20. Valores médios para número total de grãos por planta, massa de 1000 grãos e produtividade agrícola, ambas corrigidas a 13% de umidade, apresentados por espaçamento entre linhas. Piracicaba, SP, 2002

Espaçamentos entre linhas (m)	Total Grãos	Massa 1000 grãos (g)	Produtividade Agrícola (kg ha <sup>-1</sup> )
0,20	115,7 a	181,44 a	2211,18 a
0,30	109,3 a	182,11 a	2379,86 a
0,40	122,7 a	187,78 a	2486,81 a
0,50	114,2 a	183,92 a	2414,79 a
0,60	115,5 a	183,09 a	2056,03 a
0,70	90,5 a	182,56 a	2103,24 a
D.M.S.	39,67	9,44	737,72
C.V. (%)	12,57	1,82	11,44

Nem sempre a maior massa da semente formada resulta na maior produtividade agrícola. Na tabela 20, por exemplo, nota-se que a maior produtividade numérica apresentada pelo espaçamento de 0,40 m entre linhas parece ser resultado da ponderação do maior número de grãos formados por planta (122,7) pela maior massa de 1000 grãos (187,8 g). Entretanto, quando se trata de avaliar a produtividade agrícola da soja em função dos diferentes arranjos espaciais, há que se considerar, além dos componentes de produção da planta, o componente de produção por área, que se refere ao número de indivíduos por unidade de área, ou, simplesmente, a população de plantas.

Na tabela 20, nota-se que a massa de 1000 grãos e a produtividade agrícola crescem, numericamente, do menor espaçamento entre linhas (0,20 m) para os espaçamentos intermediários (0,40 e 0,50 m), decrescendo para os maiores espaçamentos entre fileiras de plantas (0,60 e 0,70 m). Esses desempenhos indicam que, provavelmente, nos menores espaçamentos entre linhas haja maior competição entre as plantas pelos fatores de crescimento presentes no meio, diminuindo a massa dos grãos, enquanto nos maiores espaçamentos, a menor competição entre as plantas e, principalmente, o menor número de indivíduos por unidade de área, contribuam para as menores produtividades observadas.

Entretanto, também deve ser considerado que as variações numéricas observadas para os componentes da produção da planta de soja (Tabelas 12 a 20), que resultaram em produtividades agrícolas estatisticamente iguais para os diferentes arranjos espaciais utilizados, reflete a plasticidade da planta de soja, isto é, a sua capacidade em ajustar os seus componentes da produção no sentido de manter o nível de produtividade do cultivar em diferentes situações de espaçamentos entre plantas e entre linhas.

#### **4.6 Correlações Estatísticas**

Quando as variáveis avaliadas são independentes, o coeficiente de correlação linear, é o mais indicado para medir o grau de relação entre elas, como no caso das características agronômicas e a produtividade agrícola final (Peixoto, 1998).

Correlação linear foi constatada entre a porcentagem de fechamento entrelinhas e o índice de área foliar, nos principais estádios fenológicos avaliados, como pode ser verificado na tabela 21.

As estimativas de correlações simples ( $r$ ) para as combinações das características estudadas são apresentadas na tabela 22, onde são comparadas altura final de plantas (AFP), altura de inserção de 1ª vagem (APV), número de ramificações (NR), número total de vagens por planta (NTV), número total de grãos por planta (NTG), massa de

1000 grãos (M1000) e produtividade agrícola (PROD), com o tempo de fechamento entre linhas (TF) e o índice de área foliar (IAF), nos estádios R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub>.

Tabela 21. Estimativa dos coeficientes de correlação simples (r) entre porcentagem de fechamento entrelinhas e índice de área foliar para a soja, cultivar Conquista. Piracicaba, SP, 2002

Variáveis	Estádios Fenológicos			
	V <sub>7</sub>	V <sub>9</sub> /R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>5</sub>
% Fech. x IAF	0,4009**	0,6417**	0,6316**	0,7422**

Tabela 22. Estimativa dos coeficientes de correlação simples (r) entre os pares formados com as características agronômicas estudadas e o tempo de fechamento entrelinhas e o índice de área foliar da planta de soja, cultivar Conquista, nos estádios R<sub>4</sub> e R<sub>6</sub>. Piracicaba, SP, 2002

Estádios	Variáveis	Características Agronômicas						
		AFP	APV	NR	NTV	NTG	M1000	PROD
R <sub>4</sub>	TF	0.3008*	0.3333**	0.0280 <sup>n.s.</sup>	0.0423 <sup>n.s.</sup>	0.0480 <sup>n.s.</sup>	0.0328 <sup>n.s.</sup>	0.4905**
	IAF	0.6366**	0.6848**	0.2665*	0.3324**	0.3304**	0.0045 <sup>n.s.</sup>	0.7223**
R <sub>6</sub>	TF	0.3008*	0.3333**	0.0280 <sup>n.s.</sup>	0.0423 <sup>n.s.</sup>	0.0480 <sup>n.s.</sup>	0.0328 <sup>n.s.</sup>	0.4905**
	IAF	0.4112**	0.5213**	0.2064 <sup>n.s.</sup>	0.2633*	0.2509*	0.0104 <sup>n.s.</sup>	0.6250**

Os coeficientes de correlação (r) das associações entre vários caracteres agronômicos e índices fisiológicos, com a produtividade agrícola são apresentados na tabela 23.

O caráter produtividade agrícola apresentou correlações lineares simples positivas com altura final de planta, altura de inserção de 1ª vagem e índice de área foliar máximo. Peixoto (1998), também obteve correlação positiva e significativa para altura final de planta, ao contrário de Garcia (1979), para o qual, tal caráter não se mostrou importante para a produtividade agrícola final. Número de ramificações, número total de grãos e massa de 1000 grãos não apresentaram correlações significativas com o caráter estudado.

Tabela 23. Estimativa dos coeficientes de correlação simples (r) entre algumas características agronômicas e alguns índices fisiológicos com a produtividade agrícola da soja, cultivar Conquista. Piracicaba, SP, 2002

Características Agronômicas	Produtividade Agrícola (r=)
Altura Final de Plantas	0,5404**
Altura de Inserção de 1ª Vagem	0,5145**
Número de Ramificações	- 0,2049 <sup>n.s.</sup>
Número de Vagens Chochas	- 0,2709**
Número de Vagens com 1 Grão	- 0,3809**
Número de Vagens com 2 Grãos	- 0,2494**
Número de Vagens com 3 Grãos	- 0,1179**
Número Total de Vagens	- 0,3434**
Número Total de Grãos	- 0,1709 <sup>n.s.</sup>
Massa de 1000 Grãos	0,1245 <sup>n.s.</sup>
Índice de Área Foliar	0,7223**

A produtividade agrícola apresentou correlação significativa e negativa para número de vagens chochas, número de vagens com 1, com 2 e com 3 grãos e para o número total de vagens por planta.

## 5 CONCLUSÕES

- O aumento da população de plantas de soja por meio da redução do espaçamento entre linhas constitui-se em eficiente método de controle cultural das plantas daninhas a partir do espaçamento de 0,50 m entre as fileiras de plantas.
- O cultivar MG/BR 46 (Conquista), cultivado em linhas espaçadas entre si de 0,20 a 0,60 m, apresenta índice de área foliar máximo no estágio fenológico correspondente ao início da granação das vagens (R<sub>5</sub>).
- Para o cultivar MG/BR 46 (Conquista) o índice de área foliar aumenta proporcionalmente com o aumento da população de plantas.
- Para a faixa populacional de 70.000 a 350.000 plantas de soja por hectare, o aumento populacional por meio da redução do espaçamento entre linhas ou do aumento da densidade de plantas na linha, constitui-se em estratégia de manejo para aumentar a altura de planta e a altura de inserção de 1ª vagem, possibilitando porte mais compatível com a colheita mecanizada da cultura, sem risco de acamamento de plantas.
- O número de vagens é o mais importante dos componentes da produção por planta, por ser diretamente influenciado pelo arranjo populacional das plantas na área de produção.



- O cultivar de soja MG/BR 46 (Conquista) apresenta ampla plasticidade, ajustando os seus componentes da produção aos diferentes arranjos espaciais, sem que ocorram significativas diferenças de produtividade.
- Para cada combinação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas na linha existe uma população de plantas melhor ajustada, que possibilita maior produtividade de grãos.

ANEXOS

Anexo A. Equações de regressões, coeficientes de determinação, relativos ao fator índice de área foliar nos estádios fenológicos V<sub>7</sub>, V<sub>9</sub>/R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>5</sub>

Variável	Unidade	Equação: y =	R <sup>2</sup> (%)
Fechamento entrelinhas em V <sub>7</sub>	%	0,008x + 0,1663	16,1
Fechamento entrelinhas em V <sub>9</sub> /R <sub>1</sub>	%	0,0216x - 0,7006	41,2
Fechamento entrelinhas em R <sub>2</sub>	%	10,597x + 76,556	39,9
Fechamento entrelinhas em R <sub>3</sub>	%	0,0631x - 3,1788	56,1

Anexo B. Equações de regressões, coeficientes de determinação, relativos ao fator produtividade agrícola das análises estatísticas individuais

Variável	Unidade	Equação: $y =$	$R^2$ (%)
Altura Final de Plantas	cm	$26,771 x + 936,28$	29,2
Altura de Inserção de 1ª Vagem	cm	$49,21 x + 1566,9$	26,5
Número de Ramificações	nº	$- 93,682 x + 2485,6$	4,2
Número de Vagens Chochas	nº	$- 39,448 x + 2466,4$	7,3
Número de Vagens com 1 Grão	nº	$- 106,62 x + 2493,3$	14,5
Número de Vagens com 2 Grãos	nº	$- 8,4363 x + 2491,8$	6,2
Número de Vagens com 3 Grãos	nº	$- 4,6438 x + 2388,8$	1,4
Número Total de Vagens	nº	$- 3,5132 x + 2475,1$	4,7
Número Total de Grãos	nº	$- 1,4085 x + 2432,1$	2,9
Massa de 1000 Grãos	g	$6,835 x + 1021,2$	1,6
Índice de Área Foliar	$m^2/m^2$	$357,59 x + 1395,5$	52,2

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. M. **Cultura da soja nos Cerrados**. Belo Horizonte: POTAFOS, 1993. 535 p.
- BARNI, N. A.; GOMES, J. E. S.; GONÇALVES, J. C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja (*Glycyne max* (L.) Merrill), em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, v. 21, n. 2, p. 245 - 296, 1985.
- BARNI, N.A.; BERGAMASCHI, H. Alguns princípios técnicos para a semeadura. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 453-685.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 1, p. 198 - 202, 1992.
- BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 6, p. 1103 – 1106, 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: LANARV/SNDA, 1992. 365 p.

- CÂMARA, G. M. S. Desempenho produtivo dos cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC-19, semeados em três épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas. Piracicaba, 1998a. 165 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. **Informações Agronômicas**, n. 82, p. 1 - 6, 1998b.
- CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 81-120.
- COOPER, R. L. Response of soybean cultivars to narrow rows and planting dates under weed-free conditions. **Agronomy Journal**, v. 69, n. 1, p. 89 - 92, 1977.
- COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.
- COSTA, N. P.; PENDLETON, J. W. Estudo da população de plantas e espaçamento em diversos genótipos de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1. **Anais**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1979. v. 1, p. 67 - 77.
- COSTA, J. A.; OPLINGER, E. S.; PENDLETON, J. W. Response of soybean cultivars to planting patterns. **Agronomy Journal**, v. 72, n. 1, p. 153 - 156, 1980.
- DONALD, C. M.; HAMBLIN. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy**, v. 28, p. 361 – 405, 1976.

- DOSS, B. D.; THURLOW, D. L. Irrigation, row width, and plant population in relation to growth characteristics of two soybean varieties. **Agronomy Journal**, v. 66, n. 5, p. 620 - 623, 1974.
- DUNCAN, W. G. A theory to explain the relationship between population and yield. **Crop Science**, v. 24, p. 1141 - 1145, 1984.
- DUNCAN, W. G.; McCLOUD, D. E.; McGRAW, R. L.; BOOT, K. J. physiological aspects of peanut yield improvement. **Crop Science**, v. 18, p. 1015 - 1020, 1978.
- EGLI, D. B., GUFFY, R. B., HEITHOLD, J. J. Factors associated with reduced yields of delayed plantings of soybeans. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 159, n. 3, p. 176 – 185, 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa, 2000. 245 p.
- FAO - Organization de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentation **El cultivo de la soja en los tropicos. Mejoramiento y produccion. Produccion y Proteccion Vegetal**, Londrina, 1995. 254 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.
- GARCIA, A. Estudo do índice de colheita e de outras características agrônômicas de dez cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e de suas correlações com a produção de grãos, em duas épocas de semeadura. Viçosa, 1979. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

- GAUDÊNCIO, C. A. A.; GAZZIERO, D. L. P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4 p. (Comunicado Técnica, 47)
- GAZZIERO, D. L. P.; SOUZA, I. F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 183 - 208.
- GAZZONI, D. L. Avaliação do efeito de três níveis de desfolhamento aplicado em quatro estádios de crescimento de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a produção e a qualidade do grão. Porto Alegre, 1974. 70 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GONZÁLEZ, A.; AGUDELO, O.; ROJAS, H. **Alteración de las variables fisiológicas de la soya bajo diferentes sistemas de labranza**. Palmira: ICA, 1988. 22 p.
- JOHNSON, R. R.; GREEN, D. E.; JORDAN, C. W. What is the best soybean row width? **Crops and Soils Magazine**, v. 43, n. 4, p. 10 - 13, 1982.
- LAM-SANCHES, A.; VELOSO, E.J. Efeito do espaçamento e da densidade de plantio, sobre várias características agronômicas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), variedade "Viçoja" em Jaboticabal, SP. **Científica**, v.2, n.2, p. 137-148, 1974a.
- LAM-SANCHES, A.; VELOSO, E.J. Época de plantio na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivares "Santa Rosa" e "Viçosa" em Jaboticabal, SP. **Científica**, v.7, n.2, p.225-234, 1974b.



- MARCHIORI, L. F. S. Desempenho vegetativo e produtivo de três cultivares de soja em cinco densidades populacionais nas épocas normal e safrinha. Piracicaba, 1998. 55 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MARTINS, M. C. Desempenho produtivo de três cultivares de soja em duas épocas de semeadura e em cinco densidade de plantas. Piracicaba, 1999. 84 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidade de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 851 - 858, out/dez. 1999.
- MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.
- NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da densidade de plantas e da época de semeadura na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.3, p. 99-112, 1986a.
- NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Efeito da densidade de plantas sobre o comportamento de dois cultivares de soja. **Revista de Agricultura**, v.61 , n.3, p.277 -290, 1986b.
- NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da densidade de plantas no comportamento de cultivares de soja. **Científica**, v.15, n.112, p.23-36, 1987.

- PEIXOTO, C. P. P. Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas. Piracicaba, 1998. 151 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.
- PELUZIO, J. M.; GOMES, R. S.; ROCHA, R. N. C.; DARY, E. P.; FIDÉLIS, R. R. Densidade e espaçamento de plantas de soja cultivar Conquista em Gurupi - TO. **Bioscience Journal**, v. 16, n. 1, p. 3 - 13, 2000.
- PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, v. 41, n. 1, p. 5 - 11, 1989.
- PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa agropecuária Gaúcha**, v.4, n. 2, p. 89 - 92, 1998.
- PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1541 - 1547, 2000.
- PORRAS, C. A.; CAYÓN, D. G.; DELGADO, O. A. Comportamento fisiológico de genótipos de soya en diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, v. 47, n. 1, p. 9 - 15, 1997.

- QUEIROZ, E. F. Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja. Porto Alegre, 1975. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- REIS, M.S.; VIEIRA, C.; ANDRADE, A.M.S.; SEDIYAMA, T. Efeitos do espaçamento e da densidade de plantio sobre a variedade de soja UFV-1 no Triângulo Mineiro. **Revista Ceres**, v.24, n.134, p.412-419, 1977.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special Report, 53).
- ROSOLEM, C.A.; SILVÉRIO, J.C.O.; NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.9, p. 977-984, 1983.
- SCOTT, W. O.; ALDRICH, S. R. **Producción moderna de la soja**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1975. 192 p.
- SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 2, p. 155 - 159, 1967.
- SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, v. 5, p. 575 - 577, 1965.
- TAYLOR, H. M. Soybean growth and yield as affected by row spacing and by seasonal water supply. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 3, p. 543 - 547, 1980.

- THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 8, n. 4, p. 543 – 546, 1998.
- UDOGUCHI, A.; McCLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil and Crop Science Society of Florida**, n. 46, p. 75 - 79, 1987.
- URBEN FILHO, G.; SOUZA, P.I.M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.267-298.
- VAL, W. M. C.; BRANDÃO, S. S.; GALVÃO, J. D.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Experimentiae**, v. 12, n. 12, p. 431 - 475, dez. 1971.
- VERTIMIGLIA, L. A. **Morfogenia e fisiogenia da soja afetada pelo espaçamento entre fileiras e níveis de fósforo no solo**. Porto Alegre, 1996. 18 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VERTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 195 – 199, 1999.
- WEBER, C. R.; SHIBLES, R. M.; BYTH, D. E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, v. 58, p. 99 - 102, 1966.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, v. 31, n. 3, p. 755 - 756, 1991.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, v. 1, n. 81, p. 44 - 48, 1993.

## APÊNDICES

Apêndice 1. Valores dos quadrados médios para as características agronômicas analisadas

Causas da Variação	GL	Alt. Final Planta	Alt. Ins. 1ª vagem	Número Ramific.	Nº Vag. Chochas	Nº Vag. c/ 1 grão	Nº Vagens c/ 2 grãos	Nº Vagens c/ 3 grãos	Nº Total Vagens	Nº Total Grãos	M 1000	Prod. Agrícola
Bloco	2	545,10	81,89	0,08	1,24	1,64	4,88	80,08	46,43	570,68	45,81	745684,4
Espaçamento (E)	5	169,39**	16,74**	1,16**	7,78	1,59	107,77**	105,43**	523,31**	1829,96**	77,03	470766,2**
Resíduo	10	66,07	6,59	0,30	8,16	0,90	52,57	47,89	218,70	978,89	55,48	338619,6
População (P)	4	609,21**	294,93**	13,74**	84,82	35,76**	2895,93**	1909,42**	12557,66**	48223,82**	83,33	944998,7**
E * P	20	22,31	5,57	0,16	3,38**	0,54	30,25	14,30	86,10	374,71	46,74	90670,5
Resíduo	48	25,37	4,01	0,24	5,12	0,74	23,11	30,63	124,45	442,41	65,67	75325,3

Apêndice 2. Valores dos quadrados médios para a variável tempo de fechamento de entrelinhas nos diferentes estádios fenológicos

Causas da Variação	GL	25/01 (V <sub>7</sub> )	02/02 (V <sub>9</sub> /R <sub>1</sub> )	07/02 (R <sub>2</sub> )	15/02 (R <sub>3</sub> )	07/03 (R <sub>5</sub> )	14/03 (R <sub>5</sub> /R <sub>6</sub> )	22/03 (R <sub>6</sub> )
Bloco	2	245,678	552,53	51,30	169,34	85,48	7,54	8,54
Espaçamento (E)	5	4547,43**	2749,97**	2421,01**	1607,43**	1081,54**	209,77**	192,44**
Resíduo	10	192,06	91,39	163,77	66,33	49,85	10,78	9,86
População (P)	4	1157,11**	1138,29**	847,07**	491,29**	192,04**	36,26**	33,56**
E * P	20	36,76	48,30**	43,31**	48,78**	33,73**	19,32**	17,58**
Resíduo	48	24,85	23,80	23,61	21,75	12,98	2,99	2,85



Apêndice 3. Valores dos quadrados médios para a variável índice de área foliar (IAF) nos diferentes estádios fenológicos, em leituras efetuadas a cada semana

Causas da Variação	GL	25/01	02/02	13/02	20/02	28/02	07/03	14/03	22/03	28/03	04/04
		(V <sub>7</sub> )	(V <sub>9</sub> /R <sub>1</sub> )	(R <sub>2</sub> )	(R <sub>2</sub> /R <sub>3</sub> )	(R <sub>4</sub> /R <sub>5</sub> )	(R <sub>5</sub> )	(R <sub>5</sub> /R <sub>6</sub> )	(R <sub>6</sub> )	(R <sub>6</sub> )	(R <sub>6</sub> )
Bloco	2	1,56	1,91	2,11	2,90	2,29	1,30	0,71	0,76	1,12	0,81
Espaçamento (E)	5	0,13**	0,66**	2,00**	5,11**	5,04**	4,60**	2,96**	1,54**	1,62**	0,93**
Resíduo	10	0,21	0,37	0,49	0,61	0,80	0,47	0,42	0,14	0,31	0,14
População (P)	4	0,98**	1,90**	4,83**	7,59**	5,49**	4,02**	3,36**	2,53**	1,27**	0,44**
E * P	20	0,06	0,17**	0,17	0,22	0,08	0,18	0,07	0,05	0,14**	0,10
Resíduo	48	0,04	0,08	0,09	0,10	0,12	0,19	0,09	0,06	0,06	0,06