

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE
GRÃOS EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS,
CULTIVARES E VOLUME DE CALDA NA
CULTURA DA SOJA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rubens Alex Fiorin

Santa Maria, RS, Brasil.

2009

**PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO
DO ARRANJO DE PLANTAS, CULTIVARES E VOLUME DE CALDA
NA CULTURA DA SOJA**

por

Rubens Alex Fiorin

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de concentração proteção de plantas, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Jerson Vanderlei Carús Guedes

Santa Maria, RS, Brasil.

2009

F521p Fiorin, Rubens Alex, 1983-
Penetração de gotas e rendimento de grãos em função do arranjo de plantas, cultivares e volume de calda na cultura da soja / por Rubens Alex Fiorin ; orientador Jerson Vanderlei Carús Guedes. - Santa Maria, 2009.
92 f. ; il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2009.

1. Agronomia 2. Soja 3. Penetração de gotas 4. Espaçamento entre linhas 5. População de plantas 6. Pulverização 7. Área foliar I. Guedes, Jerson Vanderlei Carús, orient. II. Título

CDU: 635.655

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes - CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Rubens Alex Fiorin. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor.

Endereço: Avenida Roraima, Depto de Defesa Fitossanitária, prédio 42, sala 3225.

Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900.

Fone: (0xx) 55 3220 8439 ou (0xx) 55 91672889

E-mail: rubensfiorin@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO
DO ARRANJO DE PLANTAS, CULTIVARES E VOLUME DE CALDA
NA CULTURA DA SOJA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

elaborada por
Rubens Alex Fiorin

como requisito parcial para a obtenção de grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr.
(Presidente / Orientador)

Dori Edson Nava, Dr. (Embrapa Clima Temperado)

Adilson Jauer, Dr. (Syngenta)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

"A diferença entre o fracasso e o sucesso está no número de tentativas."

Autor desconhecido.

Dedico

*Aos meus pais Zeferino e
Cleusa e a seus cônjuges.
À Bruna.
Aos amigos.*

AGRADECIMENTOS

A UFSM pelo auxílio estudantil e pela oportunidade de estudar em uma das melhores instituições do país.

Ao Prof. Dr. Jerson Carús Guedes, pela orientação, paciência, confiança e amizade dedicada durante estes anos de trabalho.

Ao colega e amigo Glauber Sturmer pelo auxílio imprescindível, sem a qual os resultados apresentados a seguir ainda não existiriam.

A Bruna, pela convivência, pelos planos, pelos encantos e obstáculos que superamos ao longo dos anos.

Aos colegas do LabMIP Armando, Giliardi, Jonas, Clerisson, Cristiane, Sandro, Orcial, Rafael, Mauricio, Rejane, Jorge e Felipe pela amizade e convívio na execução dos trabalhos.

Aos amigos Marcos Ludwig, Juliano Farias e Rodrigo Rodriguez, pelo auxílio e amizade.

A equipe da SANTAGRO pela oportunidade e pelos ensinamentos ofertados durante o período em que trabalhamos juntos.

Aos amigos Heleno Maziero, Paulo Lara, Christian Sherb, Adriana Gomes e Adilson Jauer pela confiança e apoio nesta nova etapa profissional.

RESUMO

Dissertação de Mestrado em Agronomia
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS, CULTIVARES E VOLUME DE CALDA NA CULTURA DA SOJA

AUTOR: Rubens Alex Fiorin
ORIENTADOR: Jerson Vanderlei Carús Guedes
Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a penetração de gotas de pulverização e o rendimento de grãos em função da cultivar, do arranjo de plantas e volume de calda de soja em três estádios do ciclo da cultura. Para isso foram desenvolvidos dois experimentos na área experimental do Departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria/RS. No primeiro experimento foram utilizados os espaçamentos de 45,0; 52,5 e 60,0 cm nas entre linhas e as populações de 150.000, 250.000 e 350.000 plantas ha⁻¹, sendo avaliada a cultivar Fundacep 55 e no segundo experimento utilizou-se as cultivares Fundacep 55 e BRS 243 RR nos espaçamentos de 30,0; 45,0 e 60,0 cm, sendo mantida a população em 250.000 plantas ha⁻¹. A penetração de gotas foi avaliada nos estádios V8, quando utilizou-se os volumes de 75, 100 e 150 l ha⁻¹ e nos estádios V14 e R3, quando foram utilizados os volumes de 100, 150, 200, 250 e 300 l ha⁻¹. Quanto maior o espaçamento e menor população de plantas maior a penetração de gotas, porém o inverso ocorre com o rendimento de grãos. Na cultivar BRS 243 observou-se maior número de gotas sendo esta também mais produtiva em comparação a cultivar Fundacep 55. O incremento no volume de pulverização aumenta o número de gotas/cm², especialmente quando a cultura encontra-se em estádio mais avançado (R3).

Palavras-chave: população de plantas, espaçamento entre linhas, cultivares, pulverização, produtividade, densidade de gotas, tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

M.S. Dissertation in Agronomy
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

PENETRATION OF DROPS AND GRAIN YIELD IN ACCORDANCE WITH THE ARRANGEMENTS OF THE PLANTS CULTIVAR AND SPRAY VOLUME IN SOYBEAN CROP

AUTHOR: Rubens Alex Fiorin
ADVISER: Jerson Vanderlei Carús Guedes
Santa Maria february 27, 2009.

The objective of this study was to evaluate the penetration of spray droplets and grain yield depending on the cultivar, on the arrangement of plants and the spray volume in three stages of soybean. For this two experiments they had been developed in the experimental area of the Department of Fitossanitária Defense of the Federal University of Maria/RS. In the first experiment was used the spacing of 45.0, 52.5 and 60.0 cm between the row and the population of 150,000, 250,000 and 350,000 plants ha⁻¹, being evaluated to cultivate Fundacep 55 and in as the experiment were used will cultivate Fundacep 55 and BRS 243 RR was used the spacing of 30,0; 45,0 and 60,0 cm, kept sine the population in 250.000 plants ha⁻¹. The penetration of drops was evaluated in the V8 stage using the volumes of 75, 100 and 150 l ha⁻¹ and in stages V14 and R3 using the volumes o 100, 150, 200, 250 and 300 l ha⁻¹. The larger spacing and lower plant population of the greater penetration of drops, but the opposite occurs with yield. In cultivar BRS 243 received a higher number of drops which is also more productive when compared to cultivate Fundacep 55. The increase in the volume of spray increases the number of gotas cm⁻², especially when the crop is in advanced stage (R3).

Key words: plant population, row spacing, to cultivate, spray, yield, density of droplets, application technology.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 – Número teórico de plantas por metro linear considerando-se os diferentes espaçamentos entre linhas e a populações de plantas projetadas. Santa Maria, RS - 2007/08.	27
TABELA 2 - Pontas de pulverização, volume de calda $l\ ha^{-1}$ utilizadas na simulação de pulverização de diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	29
TABELA 3 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) na parte superior e inferior da cultura da soja, no estádio V8, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	47
TABELA 4 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior do dossel da cultura da soja, em estádio V14, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	48
TABELA 5 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio do dossel da cultura da soja, em estádio V14, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	48
TABELA 6 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior do dossel da cultura da soja, em estádio V14, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, 2008.	49
TABELA 7 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior do dossel da cultura da soja, em estádio R3, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	50
TABELA 8 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio do dossel da cultura da soja, em estádio R3, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	50
TABELA 9 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior do dossel da cultura da soja, em estádio R3, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, RS - 2007/08.	51
TABELA 10 - Rendimento médio de grãos de soja em função do espaçamento e população de plantas. Santa Maria, RS, 2007/08.	54

CAPÍTULO II

TABELA 1 – Número de plantas por metro considerando-se os diferentes espaçamentos entre linhas. Santa Maria, RS - 2007/08.	61
TABELA 2 - Pontas de pulverização, volume de calda $l\ ha^{-1}$ e momentos de pulverização (estádios de desenvolvimento) na cultura da soja. Santa Maria, RS, 2007/08.	62
TABELA 3 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) na parte superior e inferior da cultura da soja, no estágio V8, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	78
TABELA 4 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) na parte superior e inferior do dossel, em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estágio V8, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	78
TABELA 5 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio do dossel em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estágio 14, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	78
TABELA 6 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior do dossel em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estágio 14, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	79
TABELA 7 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estágio R3, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	79
TABELA 8 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estágio R3, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	79
TABELA 9 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estágio R3, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, RS, 2007/08.	80
TABELA 10 - Rendimento de grãos em função do espaçamento entre linhas e cultivar utilizada. Santa Maria, RS, 2007/08.	83

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

FIGURA 1 - Fechamento da entre linhas em função do espaçamento, data de avaliação e população de plantas. Santa Maria, RS - 2007/08.	33
FIGURA 2 - Efeito do arranjo de plantas no índice de área foliar da cultura da soja. Santa Maria, RS - 2007/08.	35
FIGURA 3 - Índice de área foliar em função da data de avaliação (a), população de plantas (b) e do espaçamento entre linhas (c). Santa Maria, RS - 2007/08.	38
FIGURA 4 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio V8, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, RS, 2007/08.	40
FIGURA 5 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio V14, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, RS, 2007/08.	41
FIGURA 6 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja em pulverização simulada no estádio V14 em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, RS, 2007/08.	42
FIGURA 7 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio R3, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, RS, 2007/08.	44
FIGURA 8 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio R3, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, 2008.	45
FIGURA 9 - Rendimento de grãos em função do espaçamento entre linhas (a) e população de plantas na cultura da soja. Santa Maria, RS, 2007/08.	53
FIGURA 10 - Taxa de crescimento da cultura (TCC) ($\text{g m}^2 \text{ dia}^{-1}$) no período de duração do ciclo da cultura em diferentes arranjos de plantas. Santa Maria, RS, 2007/08.	55

Capítulo II

FIGURA 1 - Fechamento das entre linhas em função do espaçamento, data de avaliação e cultivar. Santa Maria, RS - 2007/08.	65
FIGURA 2 - Índice de área foliar médio da cultura da soja em função do espaçamento x data de avaliação (a) e do efeito da cultivar x data de avaliação (b). Santa Maria, RS - 2007/08.	68
FIGURA 3 - Índice de área foliar médio da cultura da soja em função do espaçamento e cultivar. Santa Maria, RS - 2007/08.	69
FIGURA 4 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização no estádio V8, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e cultivar utilizada. Santa Maria, RS - 2007/08.	71
FIGURA 5 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio V14, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da cultivar utilizada. Santa Maria, RS - 2007/08.	74
FIGURA 6 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio R3, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da cultivar utilizada. Santa Maria, RS - 2007/08.	75
FIGURA 7 - Rendimento de grãos em função do espaçamento entre linhas na cultura da soja. Santa Maria, RS - 2007/08.	81
FIGURA 8 - Taxa de crescimento da cultura (TCC) ($\text{g.m}^2 \text{ dia}^{-1}$) durante o ciclo da cultura em duas cultivares e três espaçamentos entre linhas. Santa Maria, RS - 2007/08.	83

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Descrição fenológica da cultura da soja proposta por Ritchie et al. (1982), adaptada por Yorinori.	95
ANEXO 2 – Descrição dos estádios de desenvolvimento da soja. Santa Maria, RS – 2009/08.....	96

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Arranjo de plantas	17
2.1.1 Espaçamento entre linhas	17
2.1.2 População de plantas.....	18
2.2 Índice de área foliar	19
2.3 Pulverização de defensivos	20
3 CAPÍTULO I – PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E VOLUME DE CALDA NA CULTURA DA SOJA	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
3.1 Introdução	25
3.2 Material e métodos	26
3.3 Espaçamentos e população de plantas	27
3.4 Avaliações realizadas	28
3.4.1 Fechamento da entre linha.....	28
3.4.2 Avaliação da área foliar	28
3.4.3 Fitomassa seca.....	28
3.4.4 Determinação da penetração de gotas no interior do dossel.....	29
3.4.5 Rendimento de grãos e componentes do rendimento.....	30
3.5 Resultados e discussão	31
3.5.1 Fechamento das entre linhas.....	31
3.5.2 Índice de área foliar.....	34
3.5.3 Penetração de gotas no interior do dossel.....	39
3.5.4 Rendimento de grãos e taxa de crescimento	51
3.6 Conclusões	55
4 CAPÍTULO II - PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DA CULTIVAR, ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E VOLUME DE CALDA NA CULTURA DA SOJA	56
Resumo.....	56

Abstract.....	57
4.1 Introdução.....	58
4.2 Material e métodos.....	59
4.2.1 Espaçamentos entre linhas	60
4.2.2 Avaliações	61
4.2.2.1 Fitomassa seca	61
4.2.2.2 Determinação da penetração de gotas no interior do dossel	62
4.2.2.3 Rendimento e componentes do rendimento	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
5.1 Fechamento das entre linhas	64
5.2 Índice de área foliar.....	66
5.3 Penetração de gotas	69
5.4 Diâmetro de gotas	76
5.5 Rendimento de grãos e taxa de crescimento	80
6 CONCLUSÕES	84
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	94

1 INTRODUÇÃO

A soja iniciou o seu cultivo comercial em 1935, e desde então vem ganhando importância no agronegócio brasileiro (BONATO; BONATO, 2002). Em nível nacional, destacaram-se o rápido crescimento da produção, que passou de 1,5 para 15,2 milhões de toneladas de 1970 até 1980 (EMBRAPA, 2000) e a obtenção da posição de líder mundial das exportações de produtos do complexo soja ocorrida na safra 2002/03, quando foram cultivados 18,4 milhões de hectares e produzidas 52 milhões de toneladas de grãos (ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA, 2003).

A soja é um dos produtos da maior relevância para a economia brasileira e possivelmente é a cultura que apresentou crescimento mais expressivo no cultivo e no segmento agroindustrial, na segunda metade do século XX, no Brasil (BARBOSA; ASSUMPÇÃO, 2002). Na safra agrícola 2006/07 a produção brasileira de soja foi de 52,4 milhões de toneladas e na safra 2007/08 a produção ficou em torno de 60 milhões de toneladas do grão.

A utilização de agroquímicos é um fator importante na manutenção de altas produtividades agrícolas, sendo assim, o desenvolvimento e a aplicação desses produtos vêm aumentando rapidamente no mundo, desde meados da década de 40.

Tendo por base o conceito de tecnologia de aplicação proposto por Matuo (1997), esta ciência trata da aplicação dos conceitos científicos a determinado processo produtivo e que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e mínima contaminação ambiental.

Também interação entre a tecnologia de aplicação e a cultura ainda necessita de estudos, pois cada cultivar apresenta distinção em suas características, como índice de área foliar e/ou arquitetura de plantas, podendo estas ser modificadas em função do arranjo de plantas, alterando também a interceptação das gotas pulverizadas, refletindo na eficiência de controle do alvo desejado.

Segundo Pires et al. (2000), a soja apresenta alta plasticidade, adaptando-se as condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta, arquitetura e componentes de rendimento e essas modificações podem estar relacionadas ao espaçamento entre linhas utilizado e a população de plantas.

Outro fator fundamental no sucesso da pulverização é a utilização de volumes de calda ajustados as características da cultura. O volume a ser utilizado depende do tipo de alvo a ser atingido, do modo de ação do defensivo e da técnica de aplicação. O volume de calda interfere na eficiência operacional da aplicação, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera significativamente a capacidade operacional dos pulverizadores.

Diante disso, é fundamental avaliar a interação do arranjo de plantas, o efeito de cultivares e do volume de calda na penetração de gotas no interior do dossel, em diferentes estádios do ciclo da cultura da soja, estabelecendo-se o arranjo mais adequado ao rendimento de grãos e a penetração de gotas de pulverização.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Arranjo de plantas

2.1.1 Espaçamento entre linhas

O espaçamento recomendado entre linhas para o cultivo da soja no Brasil pode variar de 20 a 50 cm EMBRAPA (2006). Com dificuldades relacionadas ao manejo de plantas invasoras, o espaçamento entre linhas era estabelecido, visando um rápido fechamento e sombreamento das infestantes. O fator que exerce maior influência na velocidade de fechamento é o espaçamento, favorecendo o manejo de plantas infestantes (HEIFFIG et al., 2006). Por sua vez Elmore (2004) ratifica essa afirmação mostrando que a cobertura do solo pela folhagem da soja foi mais rápida em espaçamentos entre linhas de 20 cm do que em 75 cm. Com isso, quanto mais acelerada é a cobertura do solo pelas folhas da cultura, mais intenso seria o sombreamento sobre as plantas daninhas, prejudicando sua taxa fotossintética e reduzindo o porte e a infestação na área (FIOMARI et al., 2005).

Em condições ideais de cultivo, Elmore (2004) verificou incremento na produtividade de cultivares indeterminadas de soja para a maioria dos estados do norte dos Estados Unidos, quando houve redução no espaçamento entre linhas para 25 cm, em comparação a espaçamentos de 50 cm.

O adensamento de plantas na linha pode estabelecer algumas características indesejáveis, como a formação de um micro-clima favorável ao desenvolvimento de patógenos e condições mais favoráveis à sobrevivência para inúmeros insetos, principalmente desfolhadores, tendo seu controle dificultado pelo abrigo proporcionado pelo estreitamento das entre linhas (MAYSE, 1978).

Tradicionalmente, nas lavouras de soja, têm sido utilizados arranjos de plantas que combinam espaçamentos entre linhas de 40 a 50 cm com população de 40 plantas m⁻². A modificação destes arranjos de plantas afeta a competição intraespecífica (RAMBO et al., 2004).

Espaçamentos reduzidos para uma mesma população proporcionam melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar, pois permitem redução do número de plantas na linha, determinando um maior potencial de rendimento, justificando maiores produtividades (VENTIMIGLIA et al., 1999).

A diminuição do espaçamento entre linhas pode causar aceleração do processo de sombreamento das folhas inferiores, diminuindo a atividade fotossintética da planta, induzindo a redução de absorção de CO₂, o que pode levar ao abortamento de flores na fase reprodutiva (TAIZ; ZEIGER, 2004).

De modo geral, verifica-se tendência de maiores rendimentos em espaçamentos reduzidos quando o limitante é a competição com invasoras e rendimentos superiores em maiores espaçamentos, quando o limitante é o ataque de pragas ou incidência de doenças, pois a maior expressão do potencial da cultura depende das condições de meio onde as plantas se desenvolvem (TOURINO et al., 2002).

2.1.2 População de plantas

A soja tolera uma ampla variação na população de plantas, alterando mais a sua morfologia do que a produção de grãos, devido à capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas (BARNI et al., 1985; GAUDÊNCIO et al., 1990). Um dos componentes de rendimento que mais contribui para maior tolerância à variação na população é o número de legumes por planta que varia inversamente ao aumento ou redução da população (PEIXOTO, 1998).

Trabalhos com população de plantas não têm mostrado interação desta com o rendimento de grãos, utilizando populações que variaram de 8 até 63 plantas por m² (RUBIN, 1997; PIRES et al., 1998), devido à plasticidade apresentada pela cultura. Para COOPERATIVE... (1994), a plasticidade consiste na capacidade da planta alterar sua morfologia e componentes do rendimento, a fim de adequá-los à condição imposta pelo arranjo de plantas.

Em se tratando de arranjo de plantas (espaçamento x população) diversos autores mencionam que, quando a população de plantas na linha é baixa a produção por planta é alta, embora por área possa ser menor. Aumentando a população, na linha de semeadura, a

produção por planta decresce, havendo, no entanto, aumento no rendimento. O decréscimo na produção individual é compensado pelo aumento no número de indivíduos por área. A curva de produção por unidade de área atinge um máximo quando a população é ideal. A partir daí, o decréscimo na produção individual não é compensado pelo aumento na população de plantas (PEREIRA, 1989; DUARTE; ZIMERMANN, 1994).

A melhor população de plantas, de acordo com Gaudêncio et al. (1990), depende da região, da época de semeadura e da cultivar. Vários estudos têm demonstrado que a melhor população de plantas de soja para o sistema convencional de plantio é de aproximadamente 400.000 plantas ha⁻¹, havendo tolerância da cultura para variações da ordem de 20% a 25% desse número, para mais ou para menos.

2.2 Índice de área foliar

O Índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo por ela ocupada, sendo variável em função da cultivar, época de semeadura, densidade de plantas na linha, espaçamento e estágio da cultura.

O IAF "crítico" é definido como a quantidade de folha requerida para interceptação de 95% da radiação solar incidente ao meio dia. Com aumento do IAF até o valor crítico aumenta a interceptação de luz e a fotossíntese líquida. Quando a taxa de crescimento é decrescente, não havendo mais contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizados o IAF é considerado "ótimo" (MÜLLER, 1981).

Um dos objetivos da modificação no arranjo entre plantas é a diminuição do tempo para que a interceptação pela cultura seja 95% da radiação solar incidente, incrementando a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo, o que resulta em maior produção de fotoassimilados (BOARD; HARVILLE, 1992; SHAW; WEBER, 1967).

O IAF "crítico" para BARNI e BERGAMASCHI (1981), dependente da intensidade luminosa e também do número de plantas por área, ou seja, da densidade das plantas na fileira e da distância entre as fileiras.

O IAF máximo da cultura geralmente é verificado no estágio R5, sendo de importância fisiológica relevante, pois a partir do início do enchimento dos grãos intensifica-se a demanda por água, nutrientes e fotoassimilados.

Para Pires et al. (2000) o IAF da soja diminui à medida que aumenta o espaçamento entre linhas, porém não sendo estatisticamente significativo em todos os estádios da cultura (HEIFFIG et al., 2006). Desta forma, a redução do espaçamento das entre linhas, com maior IAF acarreta prejuízos à penetração de gotas quando realizada a pulverização, comprometendo a eficácia do controle químico.

2.3 Pulverização de defensivos

O potencial de rendimento da soja é determinado geneticamente e quanto deste potencial vai ser atingido depende do efeito de fatores limitantes que atuarão em algum momento durante o ciclo (COSTA, 1996). 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 disponíveis.

Um dos fatores que reduz o potencial de rendimento das culturas é o ataque de pragas e moléstias, exigindo constantes adoções de medidas de controle, dentre elas a aplicação de defensivos agrícolas através da pulverização foliar. Segundo Santos (2004) entende-se por pulverização o processo físico-mecânico de transformação de uma substância sólida ou líquida em partículas ou gotas mais uniformes e homogêneas possíveis. Segundo o mesmo autor, o conceito de pulverização distingue-se do conceito de aplicação, uma vez que por aplicação entende-se a deposição em qualidade e quantidade do ingrediente ativo presente em uma formulação, representada pelo diâmetro e densidade (número) de gotas por unidade de área, sobre o alvo desejado, objetivo principal do processo de pulverização de defensivos agrícolas. A aplicação de defensivos como um processo dispendioso e ineficiente, podendo o desperdício de ingrediente ativo em cultivos baixos como soja, algodão, feijão, milho e arroz chegar a 50%.

Para cada alvo existe uma faixa de tamanhos de gotas com ótimo efeito biológico, mas pode-se generalizar que são gotas pequenas (KORNIS, 1998; CHAIM, 1998), variando de 4 até 150 micrometros (KORNIS, 1998). Segundo Himel (1969) gotas entre 20 e 50 micrômetros são as gotas ideais para o controle de insetos. Isso ocorre, principalmente porque as gotas de pequeno diâmetro, para um mesmo volume de calda aplicada, proporcionam maior

densidade de gotas depositadas sobre o alvo (CUNHA et al., 2004) e penetração no dossel da cultura (ANTUNIASSI et al., 2004).

O objetivo da aplicação de produtos químicos é cobrir o alvo com a máxima eficiência, sendo dependente de algumas variáveis como, características da praga visada, no que se refere a posição de abrigo no dossel da planta e da capacidade de translocação do produto utilizado. Em suma três premissas são fundamentais e deverão ser observadas e obtidas sob todos os aspectos operacionais: diâmetro da gota, deriva da gota e deposição da gota.

A questão mais importante, considerada como fator essencial, é a densidade de gotas, pois, quanto maior o número de gotas depositadas sobre o alvo desejado, maior será a dose do produto recebida pelo mesmo, melhorando a eficiência da aplicação.

Segundo Ozeki e Kunz (1998) um número mínimo de gotas deve atingir a superfície desejada, sendo este número variável em função das classes de produtos pulverizados, sendo que este número varia de 20 a 70 gotas/cm². Para inseticidas e herbicidas pré-emergentes este número deve ficar entre 20 a 30 gotas/cm², para herbicidas pós-emergentes entre 30 e 40 gotas/cm² sendo mais elevado quando se aplica fungicidas, sendo necessárias de 30 a 50 gotas/cm² quando o fungicida apresentar sistematicidade e mais de 70 gotas/cm² tratando-se de fungicidas de contato.

Os mesmos autores ressaltam que a eficiência biológica da aplicação depende da qualidade da cobertura e penetração e a eficiência do processo de aplicação também depende da redução das perdas por deriva e evaporação proporcionadas pelo diâmetro de gotas, permitindo menos contaminação ambiental e menor perda de ingrediente ativo ao ambiente. O aumento no diâmetro de gotas reduz o arraste pela deriva apresentando menos problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo, porém promovem uma menor cobertura da superfície a ser tratada.

O aumento da vazão de aplicação também tem influência direta sobre o diâmetro da gota. Quanto maior o volume utilizado, gotas de diâmetros maiores serão geradas e menor densidade de gotas por área será obtida. Entretanto, ao contrário do conceito generalizado de que um volume maior de líquido permite uma melhor pulverização, o procedimento correto é utilizar-se o menor volume, mas produzindo-se a maior quantidade possível de gotas, principalmente nas culturas com alta densidade de folhas (SANTOS, 2004).

Também Matuo et al. (2005), advertem que é possível conseguir um bom grau de cobertura e redução das perdas através do aumento do volume aplicado, mesmo com gotas

grandes, embora com menor rendimento operacional do equipamento. Já gotas menores têm pouco peso e inércia permanecendo por mais tempo em suspensão no ar ficando suscetíveis ao arraste pela deriva e evaporação durante a aplicação, porém em condições adequadas a penetração e cobertura do alvo são freqüentemente maiores (SANTOS, 1998).

O diâmetro da gota será sempre o aspecto que definirá ou determinará de que maneira ou como o alvo final será atingido e favorecendo ou não a deposição em quantidade (densidade) suficiente para o controle e sucesso do produto aplicado

O tamanho de gotas tem influência na cobertura, penetração e deposição, assim gotas pequenas proporcionam melhor cobertura, já gotas muito pequenas podem sofrer deriva ou evaporação e gotas grandes apresentam problemas devido à tendência de escorrimento e reduzido número de gotas por unidade de área.

A interação entre a tecnologia de aplicação e características agronômicas das culturas é importante, pois qualquer modificação na cultura poderá acarretar em maior ou menor penetração de gotas, podendo interferir diretamente no sucesso da aplicação.

3 CAPÍTULO I

PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E VOLUME DE CALDA NA CULTURA DA SOJA

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a penetração de gotas de pulverização e o rendimento de grãos em função do arranjo de plantas e do volume de calda, em três estádios da soja. Para isso, foram utilizados os espaçamentos de 45,0; 52,5 e 60,0 cm nas entre linhas e as populações de 150.000, 250.000 e 350.000 plantas ha⁻¹. No estádio V8 utilizou-se os volumes de 75, 100 e 150 l ha⁻¹ e nos estádios V14 e R3 100, 150, 200, 250 e 300 l ha⁻¹. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas. Quanto maior o espaçamento e menor população de plantas maior a penetração de gotas, porém o inverso ocorre com o rendimento. O incremento no volume de pulverização aumenta o número de gotas/cm², especialmente quando a cultura encontra-se em estádio mais avançado.

Palavras-chave: população de plantas, espaçamento entre linhas, pulverização, produtividade, densidade de gotas, tecnologia de aplicação.

CAPÍTULO I

PENETRATION OF DROPS AND GRAIN YIELD IN ACCORDANCE WITH THE ARRANGEMENTS OF THE PLANTS AND SPRAY VOLUME IN SOYBEAN CROP

Abstract

The objective of this study was to evaluate the penetration of spray droplets and grain yield depending on the arrangement of plants and the spray volume in three stages of soybean. It was used the spacing of 45.0, 52.5 and 60.0 cm between the row and the population of 150,000, 250,000 and 350,000 plants ha⁻¹. In the V8 stage using the volumes of 75, 100 and 150 l ha⁻¹ and in stages V14 and R3 100, 150, 200, 250 and 300 l ha⁻¹. Treatments were arranged in randomized blocks with split plots. The larger spacing and lower plant population of the greater penetration of drops, but the opposite occurs with yield. The increase in the volume of spray increases the number of gotas cm⁻², especially when the crop is in advanced stage.

Key words: plant population, row spacing, spray, yield, density of droplets .

3.1 Introdução

O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação na população e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a formato dessa disponível para cada planta, o que se reflete numa competição intra-específica diferenciada.

A inexistência de resposta diferenciada para rendimento de grãos à variação da população da soja está intimamente relacionada com a plasticidade fenotípica que esta cultura apresenta, alternando sua morfologia e seus componentes de rendimento, não resultando em produção diferenciada em função do arranjo de plantas.

A modificação no arranjo de plantas pode influenciar na pulverização de defensivos agrícolas. A redução do espaçamento entre linhas, segundo Ozeki e Kunz (1998), aumenta o número de folhas por metro quadrado, prejudicando a penetração de produtos fitossanitários, o que compromete a eficácia do controle, pois a cobertura do alvo é o principal responsável pela qualidade das aplicações, definindo a eficiência biológica da pulverização.

Para aplicação de agroquímicos a cobertura é essencial e, considerando a evolução do índice de área foliar (IAF) da cultura e seu incremento em estatura a penetração é dificultada. Maiores IAF exigem ajustes no volume de calda possibilitando a diminuição da contaminação ambiental, economia de recursos e de tempo, redução da pressão de seleção e desgaste de máquinas e implementos agrícolas (GARCIA et al., 2004).

O volume de calda é um dos fatores essenciais na aplicação de defensivos agrícolas, estando diretamente relacionado com a cobertura do alvo. Santos (2003) classifica o volume de calda como fator determinante do sucesso ou fracasso da pulverização, uma vez que a partir desse item são definidas as pontas de pulverização a serem usadas e a pressão de trabalho, que por sua vez determinam o espectro de gotas, a cobertura e a penetração no dossel da cultura. Hall (1993) afirma que estes fatores caracterizam a qualidade da deposição do ingrediente ativo, que é o principal responsável pela eficiência biológica dos defensivos.

Este experimento teve como objetivo avaliar a penetração de gotas de pulverização e o rendimento de grãos em função do arranjo de plantas e do volume de calda, em três estádios do ciclo da cultura da soja.

3.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Defesa Fitossanitária, do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS, na safra de agrícola 2007/08.

O clima da região, segundo a classificação de KÖEPPEN (MORENO, 1961) é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e subtropical do ponto de vista térmico. O solo pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro (BRASIL, 1973), sendo classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) como ARGISSOLO VERMELHO distrófico arênico.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com nove tratamentos e quatro repetições. Na parcela principal foram alocados os espaçamentos entre linha e nas sub-parcelas as populações de plantas. Cada sub-parcela foi composta por 10 linhas com 15 metros, sendo a largura variável em função do espaçamento entre linhas utilizado. A área útil foi formada por oito fileiras centrais, deixando-se um metro em cada lado da parcela como bordaduras. A área da parcela foi definida em função da necessidade de preservação de uma área útil (sem interferências) para determinação da penetração de gotas no interior do dossel e também para posterior determinação dos componentes do rendimento, uma vez que para determinação do índice de área foliar da cultura utilizou-se um método destrutivo.

A cultivar utilizada foi a FUNDACEP 55, cujas características constam na tabela presente no anexo 1. Os tratamentos foram representados pelos espaçamentos e pela população de plantas, sendo os espaçamentos utilizados de 45,0; 52,5 e 60,0 cm e as populações de plantas de 150.000, 250.000 e 350.000 plantas por hectare.

As sementes foram previamente tratadas com o inseticida imidacloprido (600 g l^{-1}), na dose de $80 \text{ mL } 100 \text{ kg}^{-1}$, com a mistura comercial dos fungicidas carbendazim + thiram ($150 + 350 \text{ g l}^{-1}$), na dose de $200 \text{ mL } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes e homogenizadas utilizando um tambor rotativo com eixo excêntrico.

Para inoculação utilizou-se estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* ($300 \text{ mL } 50 \text{ kg}^{-1}$ de sementes). A semeadura foi realizada no dia 26 de novembro de 2007, recebendo como adubação de base 350 kg ha^{-1} da fórmula 3-24-18 (NPK). A cultura foi estabelecida em sistema de semeadura direta, em área não cultivada no inverno. A área do experimento foi dessecada com $2,0 \text{ l ha}^{-1}$ do herbicida glifosato (480 g l^{-1}), e os demais tratamentos para

controle de pragas e doenças foram realizados preventivamente visando à proteção da área foliar da cultura. Para controle de insetos desfolhadores utilizou-se o inseticida lufenuron + profenofós ($50 + 500 \text{ g l}^{-1}$) na dose de 150 ml ha^{-1} e quando detectada presença de percevejos fitófagos utilizou-se o inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina ($141 + 106 \text{ g l}^{-1}$), na dose de 180 ml ha^{-1} . Para controle de ferrugem asiática e doenças de final de ciclo utilizou-se o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina ($50 + 133 \text{ g l}^{-1}$) na dose de 600 ml ha^{-1} aplicado no estágio R1 e azoxistrobina + ciproconazol ($200 + 80 \text{ g l}^{-1}$) na dose de 300 ml ha^{-1} , aplicado no estágio R5.1.

O acompanhamento dos estádios fenológicos das plantas de soja foi realizado de acordo com a Escala Fenológica da Soja elaborada por HITCHIE (1994 (adaptado por YORINORI (1996)). (Anexo 2).

3.3 Espaçamentos e população de plantas

As linhas de semeadura foram espaçadas em 45,0 52,5 e 60,0 cm. A densidade de semeadura utilizada foi de 50 sementes m^{-2} , sendo esta mantida homogênea em todos os espaçamentos. Para o ajuste das populações desejadas foi realizado o desbaste manual das plantas excedentes, restando na linha o número de plantas projetado de acordo com o arranjo do referido tratamento (Tabela 1). As populações utilizadas foram 150.000, 250.000 e 350.000 plantas ha^{-1} .

Tabela 1 – Número de plantas por metro linear, considerando-se os diferentes espaçamentos entre linhas e a populações de plantas projetadas. Santa Maria, RS - 2007/08.

Espaçamento (cm)	População projetada ¹ (x 1000)/número de plantas por metro		
	150	250	350
45,0	6,7	11,2	15,7
52,5	8,0	13,1	18,4
60,0	9,0	15,0	21,0

¹População mantida.

3.4 Avaliações realizadas

3.4.1 Fechamento da entre linha

O fechamento das entre linhas corresponde ao período de tempo para que ocorra o recobrimento do solo pela folhagem, sendo que esta percentagem de recobrimento foi avaliada semanalmente com o auxílio de uma régua graduada, determinando-se a superfície de solo coberto pela folhagem da cultura.

3.4.2 Avaliação da área foliar

A área foliar (AF) foi determinada através da pesagem de discos de diâmetro conhecido. Para avaliação do índice de área foliar foi coletado 1 metro de linha de cada parcela, sendo este representativo das plantas da parcela. Após a coleta as folhas foram levadas ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas. Para determinação foi realizada a estratificação das plantas em três partes iguais determinadas através da estatura média das plantas coletadas, sendo realizada a determinação em cada terço do dossel.

Após a estratificação, de cada terço, foram retirados 60 discos de diâmetro conhecido para o cálculo dos respectivos índices. Após a separação das folhas e retirada dos discos, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e posteriormente levadas à estufa de secagem com ventilação forçada de ar a 72°C, até peso constante. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,01 g.

A partir dos valores de AF foi realizado o cálculo do índice de área foliar (IAF) obtida pela relação entre a área foliar (AF) e a área de domínio da planta em relação ao solo (AS), IAF: AF/AS.

3.4.3 Fitomassa seca

Após a retirada das folhas foi realizada a separação dos ramos e legumes em cada terço, para acompanhamento do crescimento da biomassa de cada órgão, exceto as raízes. Após, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel individualizados em função do

tratamento e do respectivo terço da planta, identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 72°C, até peso constante para a determinação da fitomassa seca.

O somatório de todos os órgãos resultou na fitomassa seca total das plantas. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,01 gr.

3.4.4 Determinação da penetração de gotas no interior do dossel

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal propelido a CO₂, com barra de aplicação dotada de cinco pontas de pulverização. Foram utilizadas pontas de jato leque plano de uso ampliado a pressão de 15 (Psi), sendo as alterações de volume proporcionadas pela substituição das pontas de pulverização (Tabela 2), e pelo ajuste da velocidade, mantendo-se a pressão constante para diminuir a variação no tamanho das gotas produzidas.

Tabela 2 - Pontas de pulverização, volume de calda l ha⁻¹ e momentos de aplicação (estádios de desenvolvimento) na cultura da soja. Santa Maria, RS - 2007/08.

Ponta de pulverização	Volume de calda (l ha⁻¹)	Estádio de desenvolvimento
XR 11001	75	V8
XR 11001	100	V8 – V14 – R3
XR 11005	150	V8 - V14 – R3
XR 11002	200	V14 – R3
XR 11003	250	V14 – R3
XR 11004	300	V14 – R3

A deposição das gotas foi avaliada utilizando cartões sensíveis à água dispostos em suportes entre as fileiras, de forma que pudessem ficar expostos às pulverizações. A altura de fixação dos cartões foi estabelecida em função da estatura média das plantas na parcela, fixando-se os cartões em três locais, a 75% (terço superior), 50% (terço médio) e 25% (terço inferior) da estatura média das plantas. Para realização deste teste foram utilizados dois cartões para cada local de avaliação.

Os cartões sensibilizados pelas gotas foram digitalizados utilizando scanner modelo ColorPage-Vivid 3XE, marca Gênus, com 24 bits de cor e resolução de 600 dpi, sendo salvos em arquivos no formato BMP (Windows Bitmap). Posteriormente foram analisados com

auxílio do software E-Sprinkle (RAMOS et al., 2004), versão 2005, obtendo-se a densidade de gotas e o diâmetro mediano volumétrico.

3.4.5 Rendimento de grãos e componentes do rendimento

Ao final do ciclo da cultura, foram coletados plantas em 4,0 m de linha de cada sub-parcela, identificadas e acondicionadas em sacos de ráfia. Logo após, foram levadas ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) onde foram avaliados os componentes abaixo listados:

- Estatura final de plantas: considerou-se a estatura compreendida entre a superfície do solo e a extremidade da haste principal;
- Número de legumes por planta: através da contagem do número de legumes presentes nas plantas;
- Número de grãos por planta: através da contagem do número de grãos presentes nas plantas;
- Peso de 1000 grãos: através da contagem em contador eletrônico digital e pesagem, em balança de precisão;
- Rendimento de grãos: pelo somatório dos grãos produzidos pelos terços da planta, ajustando a umidade da massa de grãos para 13 % e pesado em balança de precisão, com valor expresso posteriormente em kg ha^{-1} .

A análise dos dados originais foi realizada através de análise da variância para verificar a significância da interação e dos efeitos principais e, depois de realizado teste de médias e análise de regressão (STORCK et al., 2004), com auxílio do programa estatístico SISVAR Versão 5.0 (Registro de *Software* de 28/04/2006 sob o número: 828459851) desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (UFLA-MG/BR) (FERREIRA, 2000).

3.5 Resultados e discussão

3.5.1 Fechamento das entre linhas

Todos os tratamentos utilizados apresentaram fechamento completo das entre linhas. O fechamento nos espaçamentos de 45,0 e 52,5 cm foi observado na avaliação realizada aos 42 dias após a emergência da cultura, independente da população utilizada, enquanto no espaçamento de 60 cm o fechamento completo ocorreu aos 42 dias na população de 350.000 plantas ha^{-1} e na avaliação subsequente (48 dias após a emergência) para as populações de 150.000 e 250.000 plantas ha^{-1} . Esta diferença no fechamento das entre linhas ressalta a importância da população de plantas no fechamento das entre linhas quando da utilização de espaçamentos ampliados (Figura 1).

O incremento na população de plantas proporcionou antecipação no fechamento da entre linha, sendo observado este efeito nas avaliações realizadas dos 14 aos 35 dias após a emergência, porém não se refletindo na velocidade de fechamento total da entre linha, ocorrido aos 42 dias para os menores espaçamentos, pois todos os tratamentos proporcionaram fechamento total da entre linha.

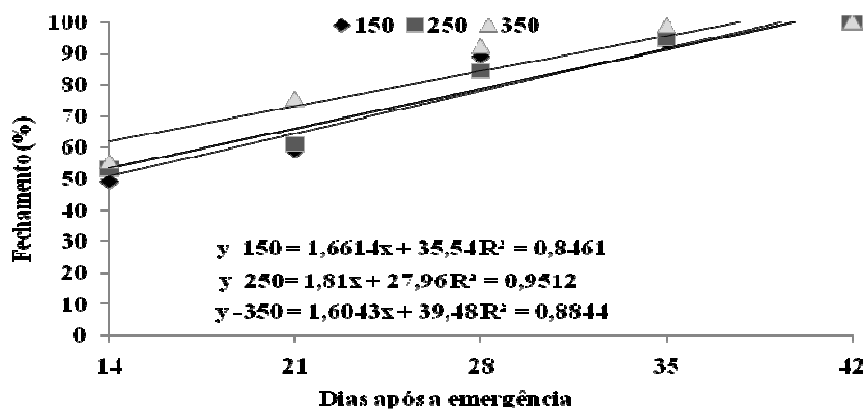
Nas primeiras avaliações ressalta-se a diferença percentual no fechamento das entre linhas, nos espaçamentos de 52,5 e 60,0 cm, em função da maior distância das linhas, necessitando assim, nestes espaçamentos o desenvolvimento de maior número de ramos laterais, sendo este um dos responsáveis pela plasticidade da cultura da soja, ou seja, a capacidade em compensar modificações no arranjo de plantas através do incremento no número de ramos, legumes e peso médio dos grãos.

O rápido fechamento observado no espaçamento de 45,0 cm, quando comparado ao espaçamento de 60,0 cm, vai ao encontro do resultado obtido por HEIFIG (2002) que, avaliando o fechamento da entre linha em espaçamentos variáveis de 20 a 70 cm obteve cobertura mais rápida no espaçamento de 20,0 cm. De acordo com o mesmo autor o fechamento mais rápido em espaçamentos reduzidos atribui-se a distribuição mais equidistantes das plantas.

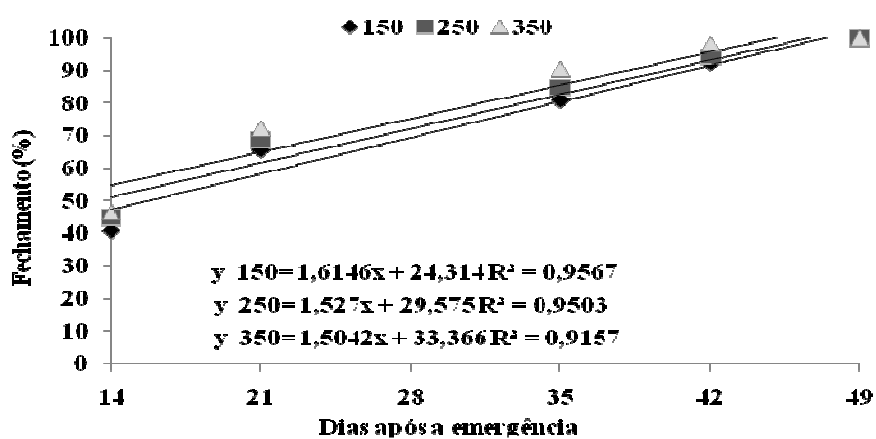
O fechamento total da entre linha no espaçamento de 60,0 cm contrasta com experimentos realizados por Heifig (2002) indicando melhor adaptação aparente da cultivar utilizada neste ensaio ao espaçamento ampliado.

Em cultivos comerciais, busca-se maximizar o potencial de rendimento desde o início do ciclo. Para isso, deve-se estabelecer adequada população de plantas e proporcionar o desenvolvimento de haste, ramos, raízes e área foliar de modo que as plantas possam acumular fotoassimilados e produzir maior número de estruturas reprodutivas (PIRES et al., 2000). Com este objetivo cresce a importância de utilização de arranjos que favoreçam o pleno desenvolvimento da cultura e proporcione rápido fechamento da entre linha e maiores índices de área foliar durante o ciclo da cultura.

a) Espaçamento de 45,0 cm:



b) Espaçamento de 52,5 cm:



c) Espaçamento de 60,0 cm:

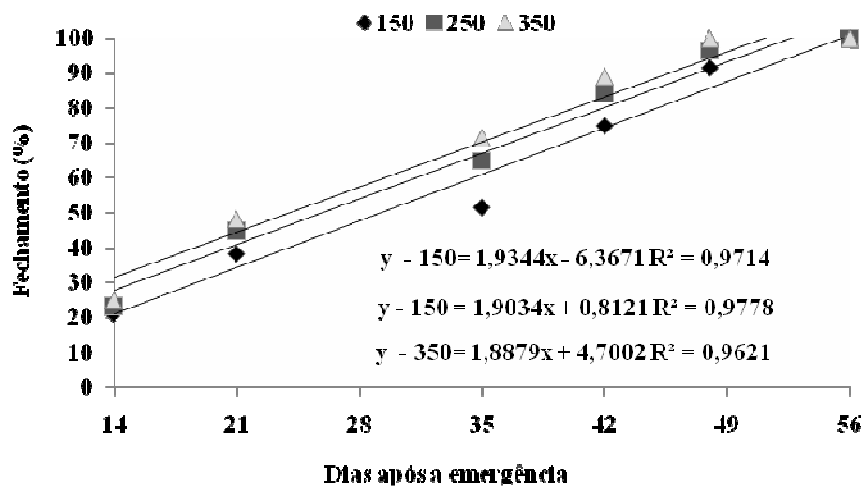


Figura 1 – Fechamento das entre linhas em função do espaçamento, data de avaliação e população de plantas. Santa Maria, RS - 2007/08.

3.5.2 Índice de área foliar

A redução na população de plantas de 350.000 para 150.000 plantas ha^{-1} reduziu o índice de área foliar da cultura, havendo interação entre o índice de área foliar e a população de plantas. Na figura 2, observa-se o efeito da população no IAF da cultura durante o ciclo (média de 8 avaliações), onde ocorreu redução no IAF médio em função do menor número de plantas por hectare. Este resultado, explica-se de acordo com Gaudêncio et al. (1990) pois a população de plantas pode ser considerada como um dos fatores predominantes no ambiente de produção, influenciando diretamente no crescimento e desenvolvimento da cultura.

A melhor população de plantas é a que, além de altas produtividades, também incrementa a estatura das plantas, inserção do primeiro legume, plantas com menor suscetibilidade ao acamamento e também proporciona o desenvolvimento de um índice de área foliar adequado, para que a planta possa tolerar desfolha em casos do ataque de pragas ou competir com plantas infestantes (REIS et al., 1977; GAUDÊNCIO et al., 1990). A redução no índice de área foliar em função da utilização de populações abaixo da recomendada também foi constatada por Heifg (2002) que, avaliando arranjos de plantas com populações variando de 70.000 a 350.000 plantas ha^{-1} observou maiores índices médios nas maiores populações de plantas.

O incremento no índice de área foliar em função do aumento da população explica-se, em parte, pela utilização de populações abaixo da recomendada pela pesquisa na Região Sul (400.000 plantas ha^{-1}), apesar de seguir as recomendações da instituição responsável pelo melhoramento da cultivar.

Segundo Anderson e Gibson (1975) a interação do IAF e população de plantas, apresenta resposta tanto nas menores populações, com índices menores em função da não compensação, quanto a populações elevadas, quando há tendência de maior proporção de folhas jovens, devido a queda acelerada das folhas velhas por auto-sombreamento.

Segundo Ballaré et al. (1995) o crescimento da cultura é modificado pela população de plantas, sendo que isto ocorre, em parte, por fotossensores específicos. Exemplificam que, com o aumento da população, ocorrem mudanças na relação vermelho extremo/vermelho, que atuarão como sinais para que a planta diminua o número de ramos.

Também o espaçamento entre linhas e o índice de área foliar apresentaram interação significativa, sendo os maiores valores obtidos nos espaçamentos de 52,5 e 60,0 cm, em comparação com o espaçamento de 45 cm (Figura 2).

A redução do espaçamento entre linhas tem se constituído numa prática vantajosa, em que, na maioria dos experimentos, houve incremento do rendimento. Diversos trabalhos, utilizando espaçamentos entre linhas de 17 a 100 cm, verificaram acréscimos de até 40% no rendimento com a redução do espaçamento (HERBERT; LITCHFIELD, 1982; ETHREDGE et al., 1989; BOARD et al., 1990; PIRES et al., 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999). Este incremento é atribuído a fatores como o melhor uso da água devido ao sombreamento mais rápido do solo, melhor distribuição de raízes, redução da competição intra-específica, maior habilidade de competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo e rápida interceptação da energia solar devido ao maior índice de área foliar, o que não foi constatado neste trabalho.

Ressalta-se, porém, o efeito do espaçamento entre linhas e população de plantas no IAF da cultura, sendo este crescente em função do aumento do espaçamento e da população de plantas, sendo o arranjo com maior IAF médio o resultante da combinação do espaçamento de 60,0 cm com a população de 350.000 plantas ha⁻¹ (figura 2).

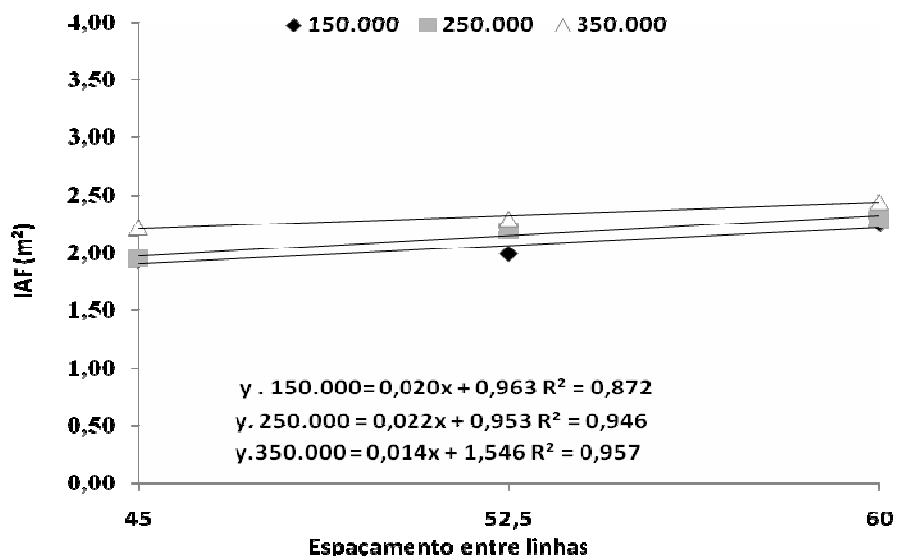


Figura 2 - Efeito do arranjo de plantas no índice de área foliar da cultura da soja. Santa Maria, RS - 2007/08.

Outro parâmetro relacionado com o índice de área foliar foi a data de avaliação (estádio fenológico), em função do incremento da superfície foliar ao longo do ciclo da cultura. Na figura 3, se expressa a evolução do índice de área foliar da cultura na média dos arranjos utilizados em decorrência das datas/estádios de desenvolvimento da cultura, sendo

este índice crescente até 80 dias após emergência da cultura (estádio R5.2), indicando que o IAF depende do estágio da cultura uma vez que nos primeiros estádios a área foliar é pequena, com grandes perdas de radiação, que nestes estádios incide diretamente sobre o solo. Com o desenvolvimento da cultura e, por conseguinte, o avançar do ciclo, a interceptação da radiação atingirá um máximo, sem ainda haver problemas com auto-sombreamento.

A partir desse ponto (estádio R5.2), devido ao auto-sombreamento, as folhas inferiores tornam-se deficitárias em termos de fotossíntese líquida, tendendo a estabilização da área foliar, apresentando a partir daí decréscimo de área foliar em função da queda das folhas situadas no terço inferior das plantas.

Este decréscimo observou-se a partir da avaliação realizada aos 100 dias (correspondente ao estágio R5.4), independente do arranjo de plantas utilizado, indicando ser este um aspecto intrínseco ao ciclo da cultivar utilizada neste ensaio. A redução da área foliar a partir deste estágio é considerada normal, segundo Hanway (1976) a maior exigência de produtos da fotossíntese e de nutrientes é entre os estádios R4 e R5 e de acordo com Hanway e Thompson (1971) as reservas acumuladas durante o período vegetativo são translocadas com maior intensidade aos grãos durante esse período, justificando os maiores índices encontrados nesta etapa do ciclo.

Para Board e Harville (1992) a interceptação de luz pelo dossel deveria aumentar até certo valor de IAF, quando a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa fosse máxima (IAF crítico). Na cultura de soja, este IAF situa-se entre 3,5- 4,0, quando a cultura encontra-se no estágio R1.

A área foliar em soja é determinada pelo tamanho, número de folhas e pela taxa de senescência. O número de folhas por sua vez, depende da taxa de desenvolvimento e da manutenção destas folhas verdes na haste e nos ramos laterais. O incremento de carbono na planta de soja, não está somente relacionado à taxa de troca de CO₂ (TTC) das folhas individualmente, mas também à área total de folhas da planta e à duração da área foliar (BEGONIA et al., 1987).

Neste sentido destacam-se os baixos valores obtidos de IAF, pois somente ultrapassou-se o valor considerado mínimo (3,5 m²) no espaçamento de 45 cm, sendo o IAF máximo mais responsivo ao espaçamento entre linhas do que a população de plantas, como observa-se na figura 3, gráfico b, que todas as populações de plantas proporcionaram um índice de área foliar superior a 3,5.

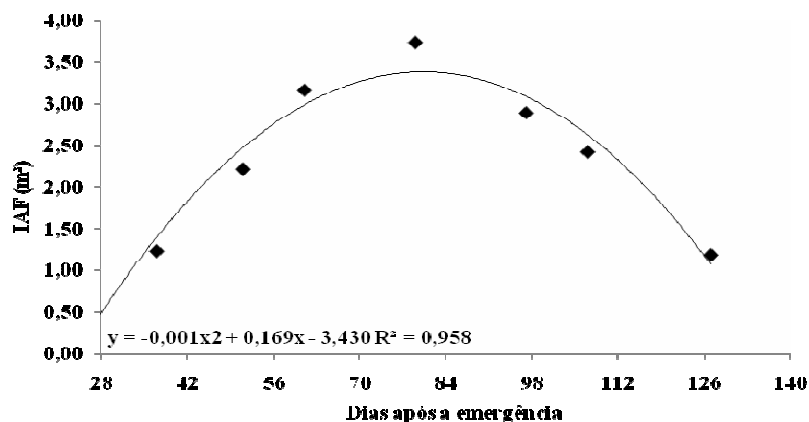
Os baixos valores apresentados neste experimento podem ser considerados normais, pois de acordo com Müller (1981) a variação relatada varia de 2,5 (GAZZONI, 1974) a 9,0 (IPAGRO 1978), destacando ainda que um IAF ótimo foi relatado por alguns autores, como Anderson; Gibson (1975) e questionado por outros, como Shibles; Weber (1965) que mencionam que este índice é variável em função das características das cultivares, uma vez que plantas com folhas estreitas necessitam de um índice mais alto em comparação a cultivares com folhas mais largas, que interceptam mais a radiação incidente.

Zelitch (1971) citado por Müller (2000) ressalta a importância da cultura atingir, no período vegetativo, o valor considerado como 'ótimo', porém ressalta que a área foliar excedente não contribuirá na interceptação de luz, podendo causar efeito negativo no aproveitamento da energia irradiada, pois a massa foliar excedente desviaria fotoassimilados de outras folhas para sua respiração, ou abortaria quando não recebesse energia suficiente para ficar acima do ponto de compensação da luz.

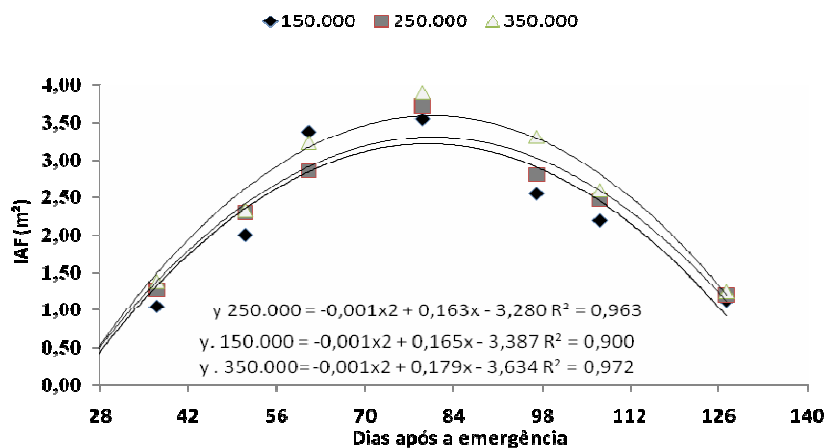
Neste sentido o IAF observado neste trabalho indica a necessidade de condução de novos estudos, especialmente relacionando o IAF de novas cultivares com o controle de insetos desfolhadores, uma vez que as recomendações de controle baseiam-se em trabalhos desenvolvidos na década de 70 e 80, cujo controle é recomendado quando a desfolha for superior a 30% na fase vegetativa, ou 15% na fase reprodutiva. Ribeiro; Costa (2000) listando os trabalhos desenvolvidos por Turnipseed (1972), Gazzoni e Minor, (1978) e Salvadori e Corseuil (1979) destacam que os ensaios para a determinação da capacidade de tolerância à desfolha foram realizados com cultivares pouco representativas e com altos índices de área foliar, quando baixos níveis de desfolha não implica em redução na produção.

Faz-se necessário, portanto considerar características como novas cultivares, especialmente as tolerantes ao herbicida Glyphosate[®], população de plantas, espaçamentos entre linhas e principalmente o IAF remanescente, após a desfolha, uma vez que com menor IAF aumenta-se a importância relativa de cada unidade fotossintética e reduz-se a capacidade em tolerar desfolha, sem perdas no rendimento.

a) Data de avaliação:



b) População de plantas x data de avaliação:



c) Espaçamento entre linhas x data de avaliação:

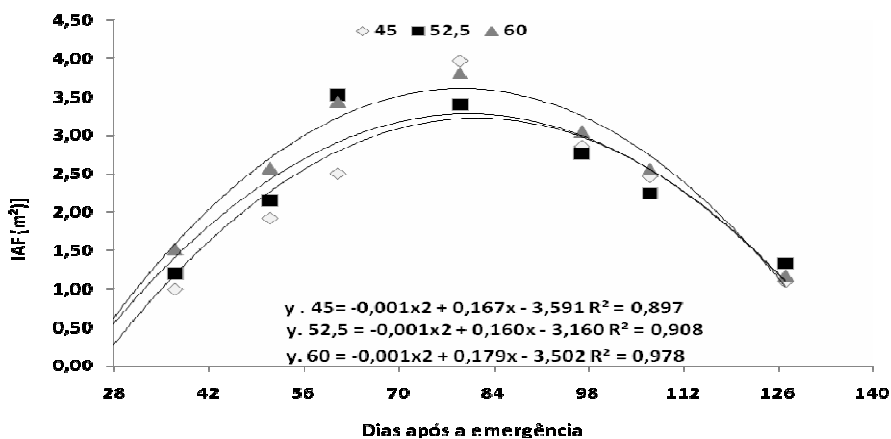


Figura 3 - Índice de área foliar em função da data de avaliação (a), população de plantas (b) e do espaçamento entre linhas (c). Santa Maria, RS - 2007/08.

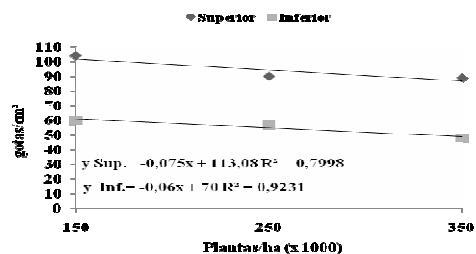
3.5.3 Penetração de gotas no interior do dossel

Em todas as avaliações de penetração de gotas realizadas, observa-se que a utilização de maiores volume de calda, independente do arranjo de plantas, apresenta maior capacidade de penetração, com o volume de 300 l ha⁻¹ apresentando maior número de gotas nos três estádios do ciclo (Figura 6). O aumento significativo no número de gotas por cm², em função do aumento no volume de calda utilizado durante a pulverização também foi observado por Limberger (2006), que mensurando a penetração de gotas em função do volume e pontas de aplicação na cultura do feijão observou maior número de gotas cm⁻² para o volume de 300 l ha⁻¹, independente da ponta utilizada.

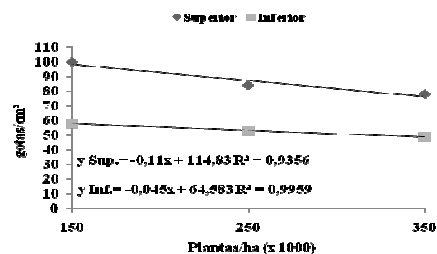
Apesar do volume de calda, segundo Matthews (1992) não ter influência direta no resultado biológico, pois a quantidade de veículo de aplicação (água, óleo, etc.) por unidade de área (l ha⁻¹) tem a finalidade de diluir e distribuir o ingrediente ativo sobre o alvo, destaca-se, pelos resultados obtidos o maior número de gotas cm⁻² com o aumento do volume de calda, indicando maior capacidade dos volumes mais elevados em alocar o ingrediente ativo, sobre o alvo desejado, atingindo a cobertura requerida.

Na figura 4 observa-se o incremento no número de gotas cm⁻² em função do volume de calda no estádio V8, e contrastando com os resultados expressos nas figuras 5 e 6, onde constam os gráficos referentes a aplicação no estádio V14, observa-se a maior dificuldade de obter-se boa cobertura em espaçamentos reduzidos, maiores populações de plantas e utilização de menores volumes de calda.

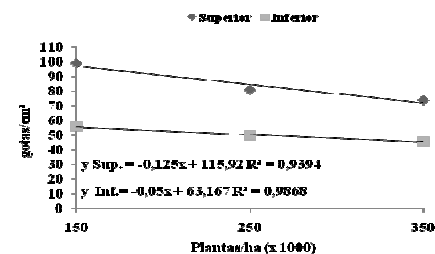
a) 75 l ha⁻¹ - 60 cm



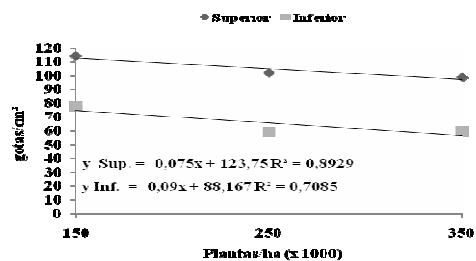
b) 75 l ha⁻¹ - 52,5 cm



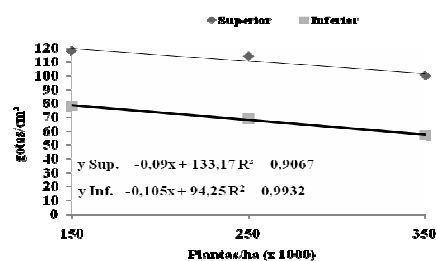
c) 75 l ha⁻¹ - 45 cm



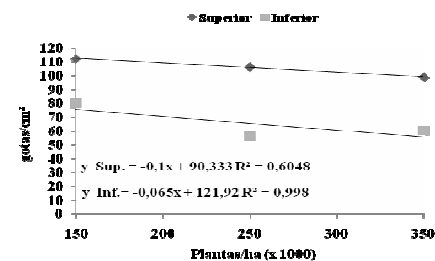
d) 100 l ha⁻¹ - 60 cm



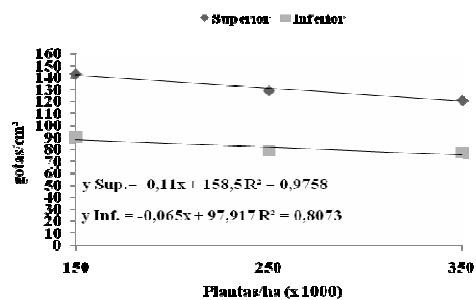
e) 100 l ha⁻¹ - 52,5 cm



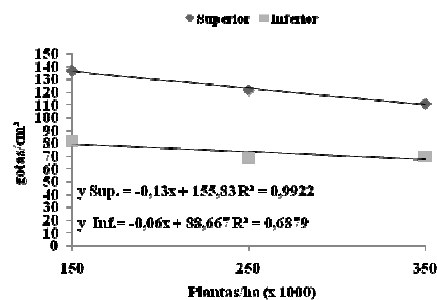
f) 100 l ha⁻¹ - 45 cm



g) 150 l ha⁻¹ - 60 cm



h) 150 l ha⁻¹ - 52,5 cm



i) 150 l ha⁻¹ - 45 cm

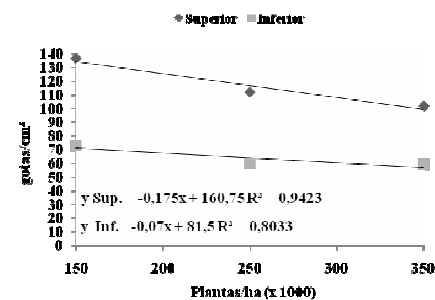


Figura 4 - Penetração de gotas nos terços superior e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estágio V8, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, 2008.

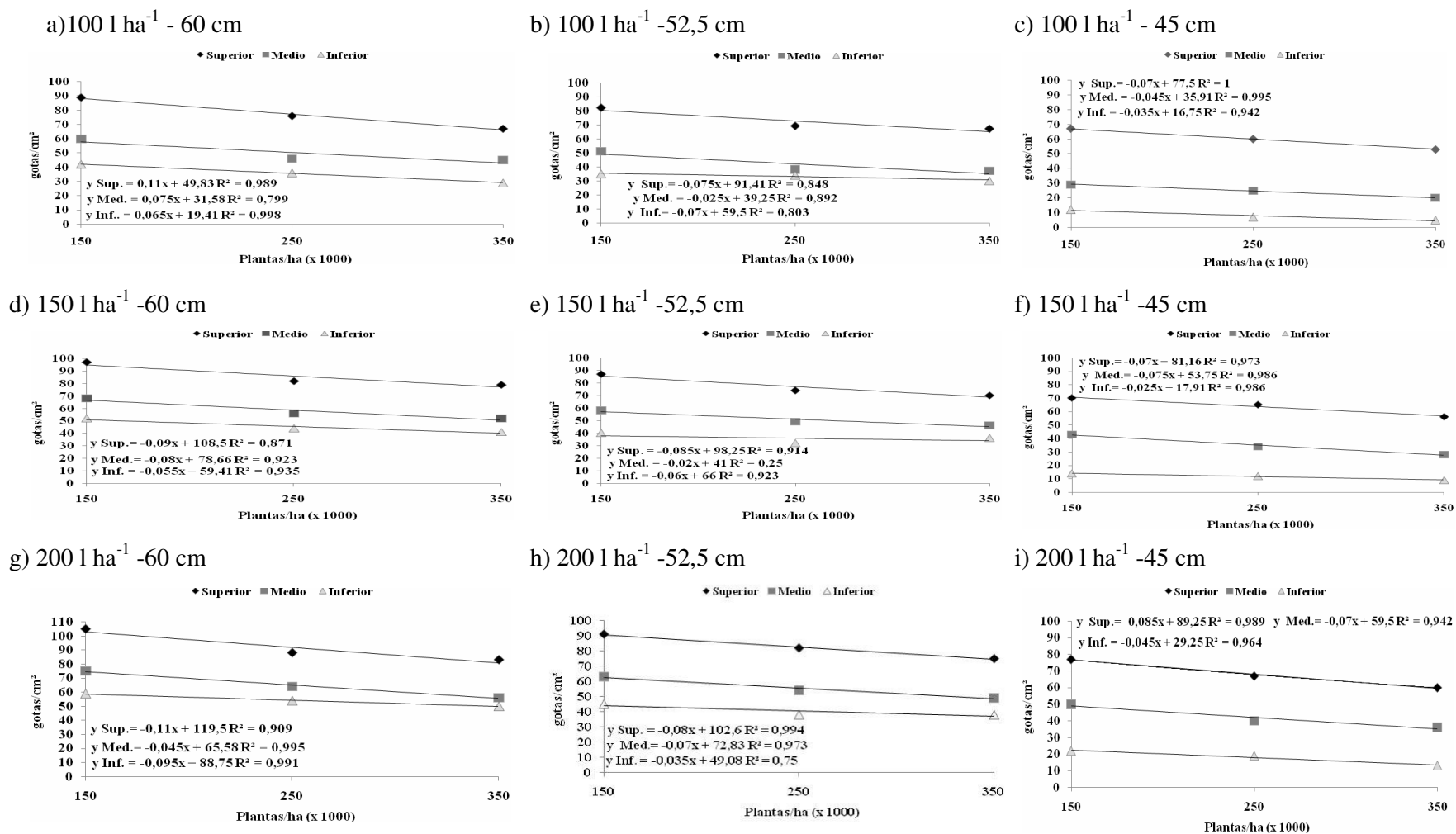
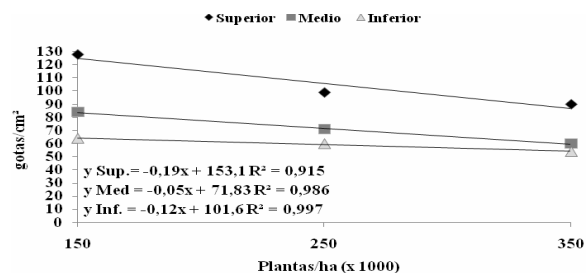
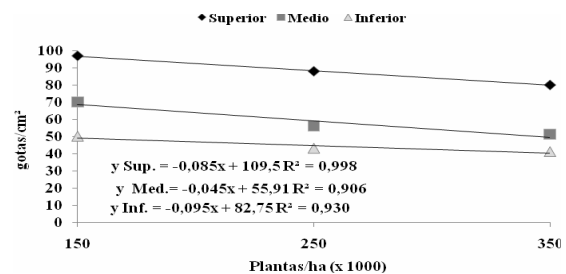


Figura 5 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estágio V14, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, 2008.

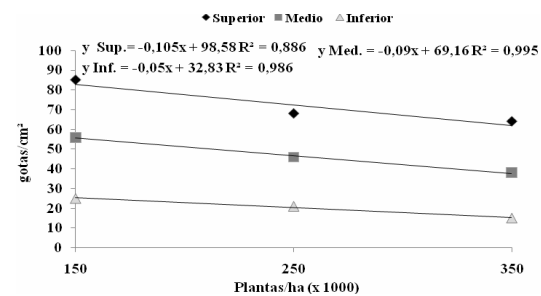
a) 250 l ha⁻¹ – 60 cm



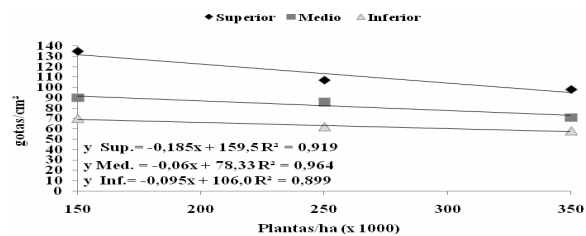
b) 250 l ha⁻¹ – 52,5 cm



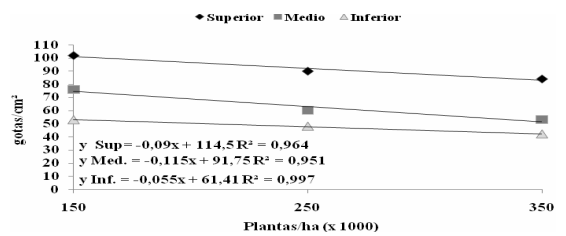
c) 250 l ha⁻¹ – 45 cm



d) 300 l ha⁻¹ – 60 cm



e) 300 l ha⁻¹ – 52,5 cm



f) 300 l ha⁻¹ – 45 cm

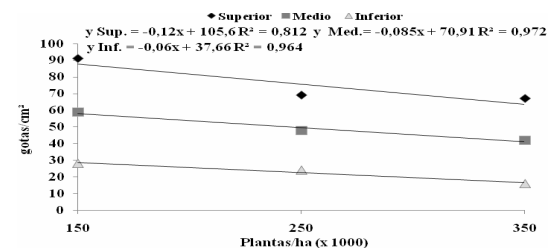


Figura 6: Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja em pulverização simulada no estágio V14 em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, 2008.

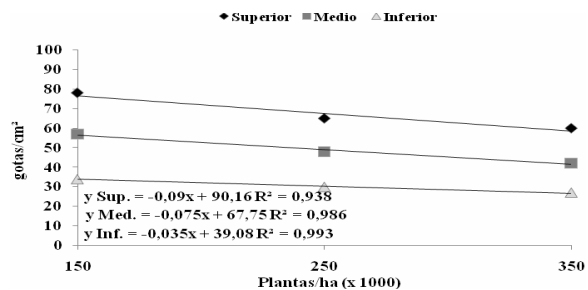
Portanto, de acordo com os resultados obtidos, o volume de calda exerce influência direta na quantidade de gotas, sendo sua influência variável em função do local de mensuração e do estágio de desenvolvimento da cultura. O incremento no número de gotas é mais significativo no terço médio e inferior do dossel, local estratégico a pulverização em função de ser abrigo de diversas espécies pragas e início de infecção de diversas doenças, sendo a parte inferior onde se observa a maior dificuldade em obter-se boa cobertura.

Considerando o número médio de gotas proposto por Matthews (1992) que menciona a necessidade de 20 a 60 gotas/cm² de acordo com a classe de produto utilizado, verifica-se que na parte inferior e mediana, no estágio R3, apenas quando utilizou-se os maiores volumes de calda obteve-se esta cobertura, ressaltando a necessidade de utilização de volumes adequados para melhor cobertura no terço inferior da planta.

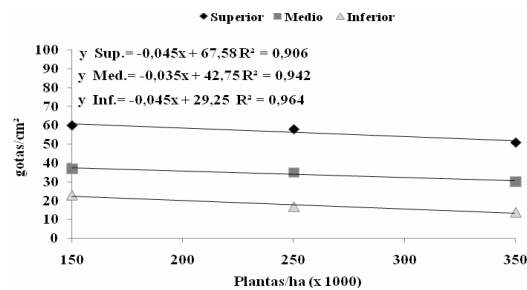
Analisando os resultados obtidos no presente trabalho verifica-se a pequena quantidade de gotas que atingem o alvo biológico caso este esteja situado na parte inferior das plantas de soja, uma vez que mesmo nos espaçamentos que proporcionam menor interceptação das gotas o número de gotas foi inferior ao proposto por Matthews (1992).

A análise das figuras 7 e 8 ressalta a maior dificuldade de penetração de gotas no interior da cultura em arranjos com menores espaçamentos ou maiores populações de plantas, sendo observado maior número de gotas cm² no arranjo com combinação do espaçamento de 60,0 cm e população de plantas de 150.000 plantas ha⁻¹.

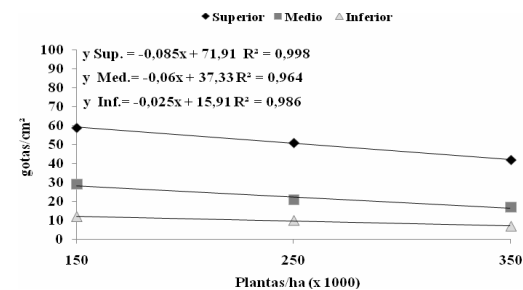
a) 100 l ha⁻¹ - 60 cm



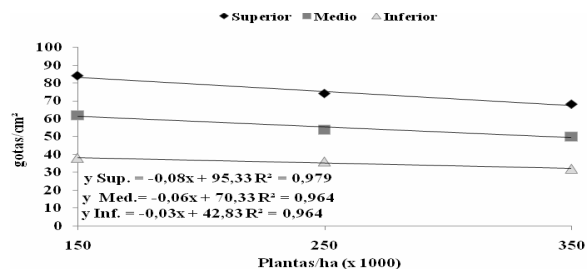
b) 100 l ha⁻¹ - 52,5 cm



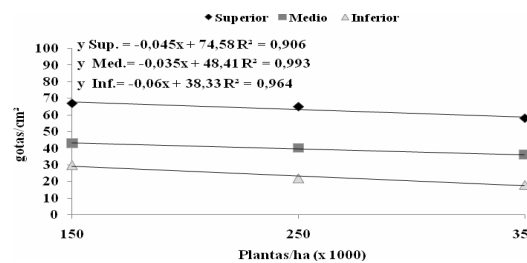
c) 100 l ha⁻¹ - 45 cm



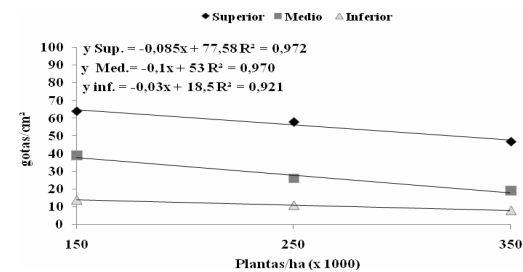
d) 150 l ha⁻¹ - 60 cm



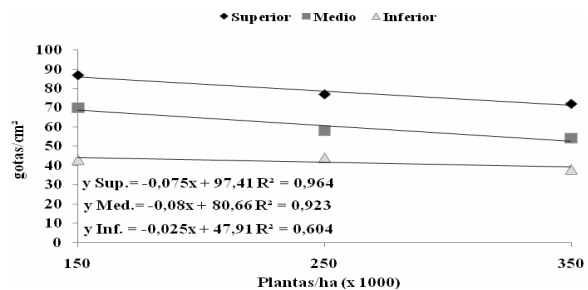
e) 150 l ha⁻¹ - 52,5 cm



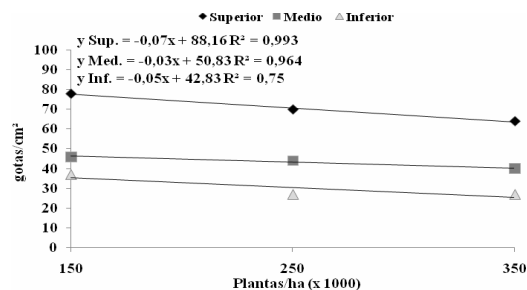
f) 150 l ha⁻¹ - 45 cm



g) 200 l ha⁻¹ - 60 cm



h) 200 l ha⁻¹ - 52,5 cm



i) 200 l ha⁻¹ - 45 cm

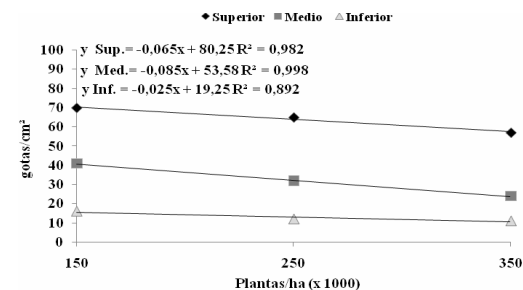
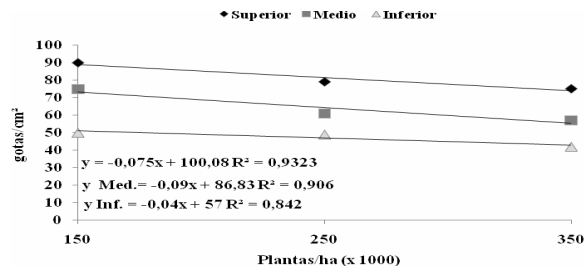
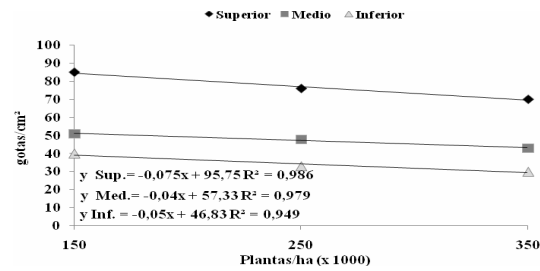


Figura 7 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estágio R3, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, 2008.

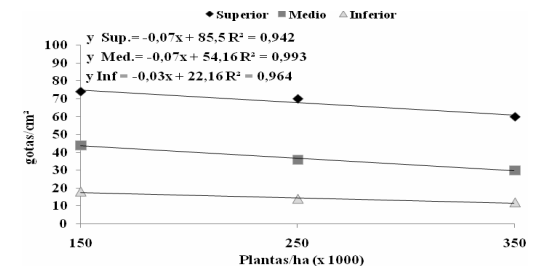
a) 250 l ha⁻¹ – 60 cm



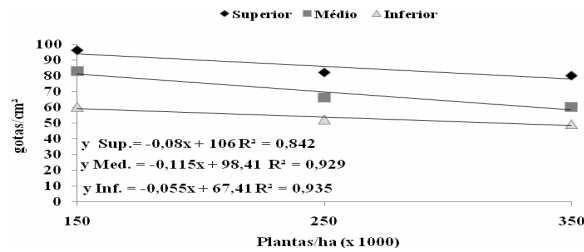
b) 250 l ha⁻¹ – 52,5 cm



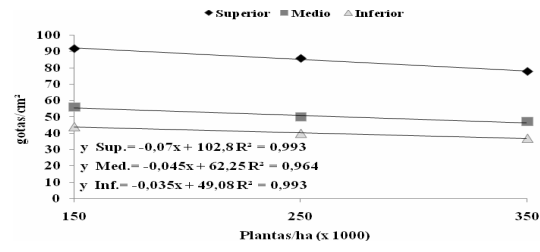
c) 250 l ha⁻¹ – 45 cm



d) 300 l ha⁻¹ – 60 cm



e) 300 l ha⁻¹ – 52,5 cm



f) 300 l ha⁻¹ – 45 cm

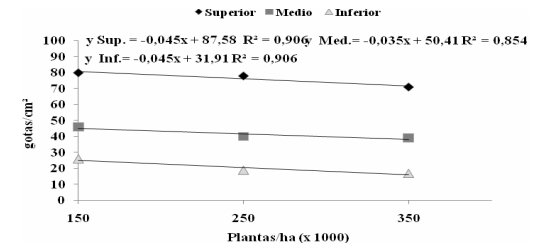


Figura 8 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estádio R3, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da população de plantas. Santa Maria, 2008.

Na cultura da soja, é comum a utilização de volumes considerados altos associados a gotas de pequeno tamanho, o que pode causar muito deriva, com conseqüente perda do produto aplicado e contaminação ambiental. Segundo Miller et al. (1993) o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação é influenciado pela velocidade dos ventos, pela altura da barra, pela velocidade do deslocamento do equipamento de aplicação e pelo diâmetro das gotas.

Carvalho (1995) comenta que diâmetro mediano volumétrico (DMV) é o parâmetro mais freqüentemente utilizado para a caracterização do tamanho de gotas nas aplicações de defensivos agrícolas, sendo definido como o diâmetro de gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais. Nesse sentido avaliou-se o diâmetro mediano volumétrico (DMV), cujo resultado encontra-se expresso de acordo com a posição na planta, sendo expresso na tabela 3 os valores obtidos no terço superior e médio em função do arranjo de plantas e volume de aplicação, no estádio V8 e nas tabelas 4, 5 e 6 os resultados da pulverização realizada no estádio V14.

Destaca-se, o incremento do DMV em função do volume de calda utilizado, corroborando com Santos (2001) que afirma que o volume de calda tem influência direta sobre o diâmetro das gotas. Quanto maior o volume utilizado, gotas de maior diâmetro foram geradas, ocasionando uma menor densidade de gotas por área. Destaca ainda, que este aumento, se não acompanhado de estudos a respeito da capacidade do conjunto de aplicação pode resultar em um número excessivo de gotas grandes, permanecendo assim espaços sem concentração adequada do ingrediente ativo e grande propensão ao escorrimento, causando manchas ou marcas (fitotoxicidade), e também reduzindo o efeito residual do produto.

O maior diâmetro mediano volumétrico (DMV) proporcionado pela aplicação de maiores volumes da calda ficou evidenciado especialmente quando utilizou-se um volume de aplicação de 300 l ha^{-1} , cujo diâmetro mediano volumétrico (DMV) apresentou os maiores valores e também as maiores diferenças estatísticas em relação aos demais tratamentos.

De acordo com as tabelas 4, 5 e 6, ocorreu efeito do espaçamento entre linhas e da população de plantas sobre este parâmetro, apresentando os espaçamentos de 52,5 e 60 cm os maiores valores, em função da maior facilidade de penetração, enquanto menor DMV foi obtido no espaçamento de 45 cm, evidenciando a maior capacidade de penetração de gotas com menor tamanho, em condições de difícil penetração de gotas.

Quando avaliado o DMV avaliado após pulverização nas distintas populações de plantas observou-se os maiores valores de DMV na população de $150.000 \text{ plantas ha}^{-1}$,

explicado em parte pela maior capacidade de penetração de gotas de menor tamanho em função da maior capacidade de interceptação das gotas dos arranjos com espaçamento mais reduzido, especialmente se combinado com maior número de plantas ha^{-1} .

O DMV apresentado pelos diferentes volumes de calda é classificado como de baixo risco a deriva e excelente capacidade de penetração no interior do dossel da cultura, pois de acordo com Bode (1987) para se evitar deriva e obter adequada cobertura do alvo pulverizado, deve-se utilizar gotas com DMV compreendidos entre 100 e 400 μm , o que se observou na análise deste parâmetro.

Segundo a classificação proposta por Ozeki e Kunz (1998) essas gotas se classificariam como “gotas finas” e, desta forma, conforme Bode (1987) se enquadraria na faixa recomendada para aplicação de defensivos agrícolas.

Comparando-se os resultados presentes nas tabelas 4, 5 e 6, onde se expressam os valores relativos ao terço superior, médio e inferior, respectivamente, observa-se a maior participação de gotas com menor diâmetro nos terços inferiores e médios, ressaltando a maior capacidade de penetração destas gotas, sendo que gotas com maior diâmetro são interceptadas mais facilmente pelas folhas do terço superior.

Tabela 3 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) na parte superior e inferior da cultura da soja, no estádio V8, em diferentes arranjos de plantas em função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Superior			Inferior		
		Volume de calda (l ha^{-1})			Volume de calda (l há^{-1})		
		75	100	150	75	100	150
60,0	350	390 *ns	402 ns	432 ns	370 ns	389 ns	401 ns
	250	412	409	434	387	390	407
	150	431	461	445	390	397	419
52,5	350	367	381	358	365	379	371
	250	390	409	420	378	386	351
	150	400	441	432	370	400	395
45,0	350	360	386	402	345	356	376
	250	381	399	422	349	360	400
	150	372	381	397	362	362	409
CV (%)		13,6			19,5		

- ns: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior do dossel da cultura da soja, em estádio V14, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60,0	350	316 a B*	348 a A	368 a A	409 a AB	443 a A
	250	321 a B	365 a AB	387 a AB	429 a A	487 a A
	150	340 a B	371 a AB	379 a AB	481 a AB	547 a A
52,5	350	291 ab B	312 b AB	345 ab A	369 ab A	398 a A
	250	300 ab B	325 ab B	360 a AB	395 ab A	421 a A
	150	312 ab B	335 ab B	368 a B	447 a A	458 a A
45,0	350	192 b B	243 b B	328 ab A	365 a A	377 a A
	250	221 b B	274 b AB	345 ab A	368 a A	401 a A
	150	271 ab B	299 b AB	352 a A	381 a A	429 a A
C.V. (%)		16,9				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença existente em função do arranjo de plantas enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo arranjo de plantas. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio do dossel da cultura da soja, em estádio V14, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60,0	350	237 a B*	243 a B	254 a B	278 a AB	312 a A
	250	257 a B	261 a B	275 a AB	291 a A	314 a A
	150	277 a B	284 a AB	290 a AB	329 a A	381 a A
52,5	350	219 a B	221 ab B	226 ab B	247 ab AB	289 ab A
	250	228 a B	236 a B	246 a B	265 ab B	300 a A
	150	230 a BC	247 a B	251 a B	277 ab AB	332 a A
45,0	350	170 ab B	182 b B	189 b B	225 b AB	257 b A
	250	204 a B	211 ab B	214 b B	243 ab AB	281 ab A
	150	216 a B	237 a B	249 ab AB	254 ab AB	299 ab A
C.V. (%)		12,5				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença existente em função do arranjo de plantas enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo arranjo de plantas. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior do dossel da cultura da soja, em estádio V14, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60,0	350	109 a B*	167 ab B	187 a AB	199 ab A	214 a A
	250	152 ab B	189 a A	201 a A	215 a A	219 a A
	150	170 a B	201 a B	215 a A	241 a A	269 a A
52,5	350	92 b B	135 b B	189 a A	190 ab A	199 ab A
	250	132 ab B	152 b A	187 a A	210 a A	206 a A
	150	154 ab B	179 ab B	203 a A	225 a A	249 a A
45,0	350	74 bc B	101 bc B	144 b B	164 b AB	178 b A
	250	89 bc B	124 bc AB	165 ab A	170 b A	185 b A
	150	100 b B	147 b B	171 ab AB	182 b A	197 ab A
C.V. (%)		9,9				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença existente em função do arranjo de plantas enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo arranjo de plantas. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados obtidos indicam variação significativa na cobertura e no DMV entre os espaçamentos testados em cada volume de calda, indicando a interrelação do manejo cultural na qualidade da aplicação, o que também foi afirmado por Madalosso (2006), que obteve maior cobertura e gotas com maior diâmetro mediano volumétrico no espaçamento de 60 cm, em comparação aos espaçamentos com 30 e 45 cm de entre linha. Ainda menciona a redução do DMV em pulverizações em estádios mais avançados do ciclo, em aplicações para controle de doenças fúngicas e aplicações de inseticidas para controle de percevejos fitófagos, em comparação a aplicações realizadas no início do desenvolvimento da cultura, para controle de infestantes, pragas iniciais e lagartas desfolhadoras.

A redução no DMV pode ser observada nas tabelas 7, 8 e 9, as quais apresentam o DMV em função do arranjo de plantas e volume de calda, no estádio R3, seguindo tendência apresentada no estádio V14, onde a população de plantas apresentou uma relação inversa com o DMV, ou seja, a medida em aumentou-se o número de plantas/m² reduziu-se o DMV. Já o espaçamento e o volumes de calda incrementara o DMV, em função do aumento do espaçamento de 45 para 52,5 e 60 cm nas entre linhas e do aumento no volume, com maior penetração de gotas nos arranjos mais favoráveis e do maior número de gotas produzido, quando da utilização de volumes mais elevados.

Tabela 7 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior do dossel da cultura da soja, em estádio R3, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60,0	350	296 a B*	309 a B	314 a AB	365 a A	399 ab A
	250	304 a B	315 aB	337 a AB	371 a A	417 a A
	150	324 a B	339 a B	341 a B	421 a A	501 a A
52,5	350	271 A	272 b A	299 b S	324 ab A	342 bA
	250	283 ab B	286 b B	314 a A	337 a A	382 b A
	150	298 a B	309 ab B	327 a AB	379 a A	408 a A
45,0	350	176 b B	249 b B	269 b B	301b A	342 b A
	250	153 b BC	261 b B	284 b AB	316 b A	369 b A
	150	189 ab B	254 b B	298 b AB	317 ab AB	378 b A
C.V. (%)			14,8			

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença existente em função do arranjo de plantas enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo arranjo de plantas. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 8 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio do dossel da cultura da soja, em estádio R3, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60,0	350	201 a B*	213 a B	237 a AB	247 a A	291 a A
	250	225 a B	230 a B	247 a AB	259 a AB	387 a A
	150	246 a B	249 a B	267 a AB	287 a A	327 a A
52,5	350	199 ab B	212 aAB	203 ab A	216 ab A	254 b A
	250	206 a B	209 ab B	219 ab AB	232 a A	271 b A
	150	209 a B	207 ab B	237 a B	259 a AB	301 ab A
45,0	350	159 ab B	167 a AB	175 a A	190 a A	216 a A
	250	191 ab A	201 ab A	199 ab A	212 ab A	220 a A
	150	219 ab A	217 a A	235 a A	243 a A	245 a A
C.V. (%)			19,5			

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença existente em função do arranjo de plantas enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo arranjo de plantas. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 9 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior do dossel da cultura da soja, em estádio R3, em diferentes arranjos de plantas função do volume de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Pop.	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60,0	350	78 b B*	90 b B	156 ab AB	160 ab AB	201 a A
	250	103 ab B	132 ab B	179 a A	190 aA	191 ab A
	150	151 a B	178 a AB	195 a A	204 a A	254 a A
52,5	350	67 b B	88 b B	155 ab A	149 a A	164 ab A
	250	101 ab B	128 ab B	170 a A	174 a A	187 ab A
	150	121 a B	145 ab B	191 a A	200 a A	213 a A
45,0	350	74 b B	79 b B	128 b A	138 b A	135 a A
	250	82 ab B	114 ab AB	139 a A	142 a A	131 a A
	150	97 b B	121 ab AB	150 ab A	166 a A	167 a A
C.V. (%)		23,1				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença existente em função do arranjo de plantas enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo arranjo de plantas. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3.5.4 Rendimento de grãos e taxa de crescimento

Verificou-se incremento no rendimento de grãos em função da utilização dos menores espaçamentos e das maiores populações de plantas, porém não houve reposta do rendimento de grãos para a interação de espaçamento entre linhas e população de plantas.

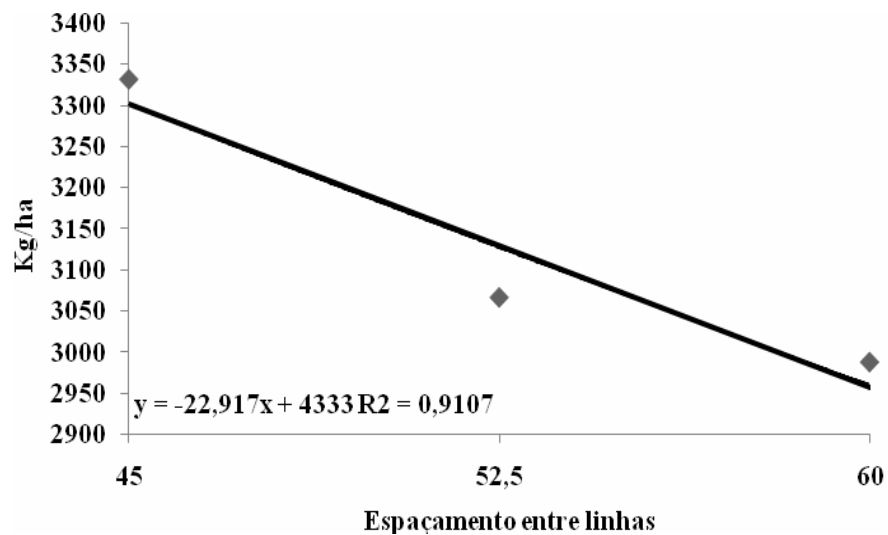
A resposta do rendimento de grãos as maiores populações de plantas pode ser explicado segundo Pires et al. (1998), principalmente pelo maior aproveitamento da luz, água, interceptação mais rápida da radiação e maior exploração do solo pelas raízes.

Este resultado difere de trabalhos com população de plantas que não têm mostrado efeito no rendimento de grãos, utilizando populações que variaram de 8 até 63 plantas m⁻² (RUBIN, 1997; PIRES et al.,1998). Esta inexistência de resposta diferenciada para rendimento de grãos à variação da população da soja está intimamente relacionada com a plasticidade fenotípica que a cultura apresenta, respondendo diferenciadamente de acordo com a cultivar e as condições de cultivo. Segundo COOPERATIVE... (1994), a plasticidade consiste na capacidade da planta alterar sua morfologia e componentes do rendimento, a fim de adequá-los à condição imposta pelo arranjo de plantas, o que não observou-se no presente trabalho em função das baixas populações utilizadas, não sendo a cultura capaz de compensar a redução no número de plantas m⁻¹.

Barni et al. (1985) recomenda a elevação da população e a redução do espaçamento entrelinhas para reduzir os problemas ocasionados tanto pela semeadura tardia, que reduzem o período vegetativo, como pela antecipação da semeadura, onde a temperatura baixa tende a reduzir o crescimento das plantas, indicando a maior capacidade de adaptação de maiores populações de plantas sob condições adversas, o que explica o maior rendimento observado para as maiores populações quando da utilização de espaçamentos ampliados (Tabela 10).

De acordo com os resultados apresentados no presente trabalho a utilização de espaçamentos superiores a 45 cm reduziram o rendimento de grãos da cultura, sendo o efeito desta interação expresso na figura 9, onde se observa os maiores rendimento médios, para as três populações avaliadas, no espaçamento de 45 cm.

a) Espaçamento entre linhas:



b) População de plantas:

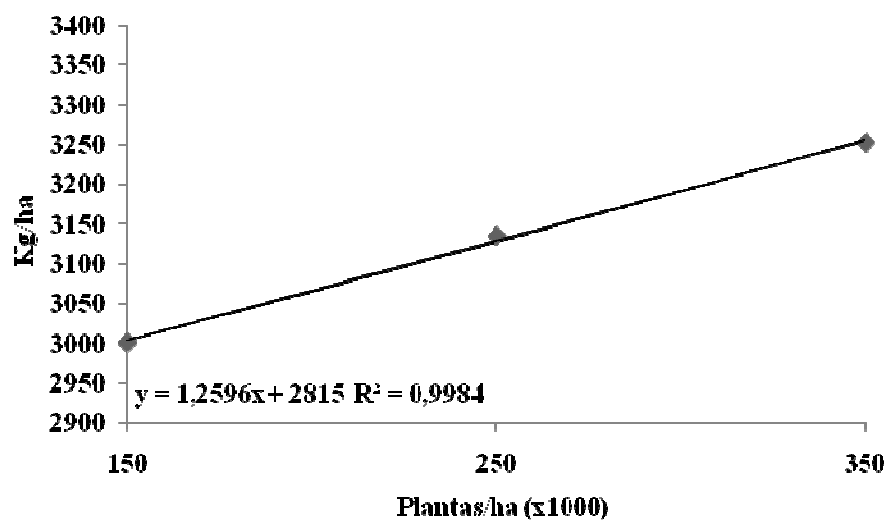


Figura 9 - Rendimento de grãos em função do espaçamento entre linhas (a) e população de plantas (b) na cultura da soja. Santa Maria, 2007/8.

Tabela 10 - Rendimento médio de grãos em função do espaçamento entre linhas e população de plantas na cultura da soja. Santa Maria, RS, 2007/08.

Esp.	Pop. (x 1000)	Rendimento	Leg./planta	Leg/m ²	Grãos/Planta	Grãos/m ²	Peso 100 grãos
45,0	150	3214,52 a*	78,7 a	1183,1 a	144,8 a	2297,3 ab	14,3 ns
	250	3336,60 a	49,8 b	1231,1 a	97,0 b	2489,6 a	13,9
	350	3447,54 a	35,2 bc	1267,5 a	73,4 bc	2571,3 a	13,6
52,5	150	2964,98 b	72,9 a	1054,4 ab	135,5 a	2091,3 b	14,8
	250	3061,75 b	41,9 b	1090,4 ab	87,0 bc	2209,2 ab	14,4
	350	3177,51 ab	37,1bc	1111,0 ab	65,4 c	2254,0 ab	14,3
60,0	150	2824,63 bc	69,5 a	997,7 b	127,3 ab	1948,6 b	14,9
	250	3008,87 b	43,9 b	1102,2 ab	87,9 b	2249,1 ab	14,0
	350	3133,75 ab	35,6 bc	1088,1 ab	65,1 c	2198,2 ab	14,4
C.V.(%)		5,9	17,9	21,4	14,7	11,2	2,3

*Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para Tourino et al. (2002) em densidades menores, a produtividade por planta aumenta, principalmente pelo maior número de legumes e grãos por planta, como pode ser observado no presente trabalho, (tabela 10). Segundo Garcia (1992), este incremento ocorre devido a capacidade da soja ajustar estes componentes de produção. Ocorreu um aumento na produção por planta com a redução da densidade, porém esta não foi suficiente para compensar o menor número de plantas por hectare, resultando em produtividade inferior. Para a cultivar utilizada (Fundacep 55), portanto, não é possível a redução da densidade para 15 plantas/m², sem que ocorra simultaneamente a diminuição do rendimento de grãos.

A Taxa de Crescimento da Cultura (TCC), que descreve os incrementos de matéria seca total por unidade de área, no tempo, e que explica os dados de acúmulo de matéria seca, apresentou correlação com os espaçamentos e com a população de plantas, indicando a maior capacidade de arranjos com espaçamento de 45 cm entre linhas e população de 350.000 plantas ha⁻¹ em acumular matéria seca ao longo do ciclo, justificando o maior rendimento de grãos observado neste arranjo. O aumento na população de plantas incrementou o acúmulo de matéria seca sendo observado um comportamento linear crescente, enquanto o espaçamento da entre linha apresentou relação inversa, diminuindo o acúmulo de massa seca em função da aplicação do espaçamento da entre linha (Figura 10).

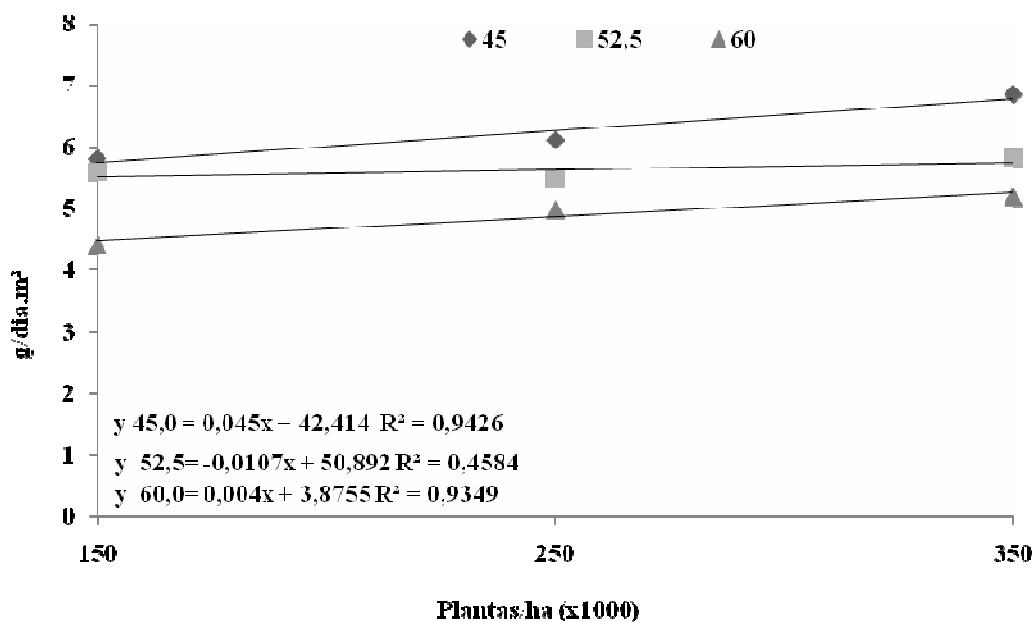


Figura 10 - Taxa de crescimento da cultura (TCC) ($\text{g m}^2 \text{ dia}^{-1}$) no período de duração do ciclo da cultura em diferentes arranjos de plantas. Santa Maria, 2008.

3.6 Conclusões

- ✓. A ampliação do espaçamento entre linhas de 45 para 52,5 e 60 cm aumenta a penetração de gotas no interior do dossel, sendo este incremento mais significativo nos terços inferiores e médios, aumentando o número de gotas cm^{-2} e o diâmetro mediano volumétrico.
- ✓. O aumento na população de plantas dificulta a penetração de gotas, reduzindo o número de gotas e o diâmetro mediano das gotas que penetram no interior do dossel.
- ✓. O aumento no espaçamento das entre linhas resulta em redução no rendimento de grãos da cultura da soja.
- ✓. Maiores populações de plantas, até a população de 350.000 plantas ha^{-1} , aumentam o rendimento de grãos da cultura.

4 CAPÍTULO II

PENETRAÇÃO DE GOTAS E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DA CULTIVAR, ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E VOLUME DE CALDA NA CULTURA DA SOJA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a penetração de gotas de pulverização e o rendimento de grãos em função da cultivar, espaçamento entre linhas e volume de calda, em três estádios da soja. Foram utilizadas as cultivares FUNDACEP 55 e BRS 243 nos espaçamentos de 30, 45 e 60 cm nas entre linhas. No estádio V8 utilizou-se os volumes de 75, 100 e 150 l ha⁻¹ e nos estádios V14 e R3 100, 150, 200, 250 e 300 l ha⁻¹. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas. Os resultados demonstraram que na cultivar BRS 243 obteve-se maior número de gotas sendo esta também mais produtiva. Quanto maior o espaçamento maior penetração de gotas, porém o inverso ocorre com o rendimento. O incremento no volume de pulverização aumenta o número de gotas/cm², especialmente quando a cultura encontra-se em estádio mais avançado.

Palavras-chave: pulverização, produtividade, densidade de gotas, tecnologia de aplicação.

PENETRATION OF DROPS AND GRAIN YIELD IN ACCORDANCE WITH CULTIVAR, ROW SPACING AND SPRAY VOLUME IN SOYBEAN CROP

Abstract

The objective of this study was to evaluate the penetration of spray droplets and grain yield depending on the cultivar, row spacing and spray volume in three stages of soybean crop. Cultivars were used FUNDACEP 55 and BRS 243 in spacings of 30, 45 and 60 cm between the row. In the V8 stage using the volumes of 75, 100 and 150 l ha⁻¹ and in stages V14 and R3 100, 150, 200, 250 and 300 l ha⁻¹. Treatments were arranged in randomized blocks with split plots. The results demonstrated that the BRS 243 received a higher number of drops which is also more productive. The larger spacing greater penetration of drops, but the opposite occurs with yield. The increase in the volume of spray increases the number of gotas cm⁻², especially when the crop is in advanced stage.

Key words: spray, yield, density of droplets.

4.1 Introdução

A interação entre as plantas no sistema de cultivo induz a um número de mudanças fisiológicas e morfológicas influenciando o rendimento da cultura. Respostas do espaçamento entre linha incluem mudanças na arquitetura, captura e partição de recursos para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SÁNCHEZ et al., 1993; ALMEIDA; MUNDSTOCK, 1998).

A soja apresenta alta plasticidade, que é a capacidade de se adaptar as condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na fisiologia e morfologia da planta e nos componentes do rendimento. Devido a esta característica a soja apresenta boa adaptação em diferentes arranjos de plantas.

Uma prática de manejo que vem sendo estudada, com aumento no rendimento de grãos, sem aumento nos custos de produção, é a redução do espaçamento entre fileiras. Autores como Ventimiglia (1996), Pires (1998), Parcianello (2002) e Rambo et al. (2003) em trabalhos com espaçamentos reduzidos verificaram aumento do rendimento de grãos no espaçamento reduzido. Dentre as vantagens do espaçamento reduzido destaca-se a redução da competição intaespecífica por água, luz e nutrientes, melhor competição com plantas daninhas devido ao fechamento mais rápido do espaçamento entre fileiras, maior interceptação da radiação solar.

A ampliação do espaçamento das entre linhas vem sendo pesquisado e, para Madalosso (2006) este aumento maximiza a retenção de gotas pulverizadas, e evidencia a importância da interação do manejo fitotécnico, controle químico das doenças e a tecnologia utilizada na aplicação. A associação com o manejo cultural pode proporcionar maior adequação no manejo fitossanitário, bem como, favorecer o desenvolvimento fenológico da planta pela maior exposição de suas folhas à luminosidade.

Também a cultivar pode apresentar resposta diferenciada ao arranjo de plantas e oferecer maior ou menor dificuldade a penetração de gotas quando realizada a pulverização, em decorrência de índices de área foliar e/ou da arquitetura das plantas diferenciados, possibilitando uma resposta diferenciada à pulverização em função do genótipo avaliado.

Devido ao grande número de cultivares disponíveis ao cultivo no Estado destaca-se a necessidade do desenvolvimento de estudos relacionando o efeito das cultivares no sucesso das aplicações de produtos fitossanitários.

Segundo Cunha et al. (2006) os resultados das pulverizações são variáveis. O grau de sucesso geralmente é determinado pela quantidade e uniformidade da cobertura. A eficácia do tratamento depende não somente da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo e de maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas.

O trabalho teve como objetivo avaliar a penetração de gotas de pulverização em função do volume de calda, espaçamento entre linhas e cultivares de soja, e o efeito do espaçamento entre linhas no rendimento das cultivares.

4.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Defesa Fitossanitária, do Centro de Ciências Rurais, na Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, RS, na safra agrícola 2007/08.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961) é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e subtropical do ponto de vista térmico. O solo pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro (BRASIL, 1973), sendo classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas sub-divididas, com seis tratamentos e quatro repetições. Na parcela principal foram alocados os espaçamentos entre linha e nas sub-parcelas as cultivares. Cada sub-parcela foi composta por 10 linhas de 15 metros, sendo a largura variável em função do espaçamento entre linhas utilizado, variando de 3,0 m no espaçamento de 30,0 cm na entre linha a 6,0 m no espaçamento de 60,0 cm na entre linha. A área útil foi formada por oito fileiras centrais, deixando-se 1 m em cada lado da parcela como bordaduras. A área da parcela foi definida em função da necessidade de preservação de uma área útil (sem interferências) para determinação da penetração de gotas no interior do dossel e dos componentes do rendimento, uma vez que para determinação do índice de área foliar da cultura utilizou-se um método destrutivo.

Os tratamentos foram representados por três espaçamentos entre linhas, sendo os espaçamentos utilizados de 30, 45 e 60 cm e pelas cultivares FUNDACEP 55 e BRS 243, cujas características constam no anexo 1, a população de plantas foi de 250.000 plantas ha⁻¹.

As sementes foram previamente tratadas com o inseticida imidacloprido (600 g l^{-1}), na dose de $80 \text{ ml } 100 \text{ kg}^{-1}$ sementes, com a mistura comercial dos fungicidas carbendazim + thiram ($150 + 350 \text{ g l}^{-1}$), na dose de $200 \text{ ml } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes e homogenizadas utilizando um tambor rotativo com eixo excêntrico.

Para inoculação utilizou-se estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* ($300 \text{ ml } 50 \text{ kg}^{-1}$ de sementes). A semeadura foi realizada no dia 26 de novembro de 2007, recebendo como adubação de base 350 kg ha^{-1} da fórmula 3-24-18 (NPK). A cultura foi estabelecida em sistema de semeadura direta, em área não cultivada no inverno, que por sua vez sucedeu a lavoura comercial de girassol. A área do experimento foi dessecada com $2,0 \text{ l ha}^{-1}$ do herbicida glifosato (480 g l^{-1}), e os demais tratamentos para controle de pragas e doenças foram realizados preventivamente visando à proteção da área foliar da cultura. Para controle de insetos desfolhadores utilizou-se o inseticida lufenuron + profenofós ($50 + 500 \text{ g l}^{-1}$) na dose de 150 ml ha^{-1} e quando detectada presença de percevejos fitófagos utilizou-se o inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina ($141 + 106 \text{ g l}^{-1}$), na dose de 180 ml ha^{-1} . Para o controle de ferrugem asiática e doenças de final de ciclo utilizou-se o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina ($50 + 133 \text{ g l}^{-1}$) na dose de 600 ml ha^{-1} aplicado no estágio R1 e azoxistrobina + ciproconazol ($200 + 80 \text{ g l}^{-1}$) na dose de 300 ml ha^{-1} , aplicado no estágio R5.1.

O acompanhamento dos estádios fenológicos das plantas de soja foi realizado de acordo com a Escala Fenológica da Soja elaborada por Hitchie (1994 (adaptado por Yorinori (1996)). (Anexo 2).

4.2.1 Espaçamentos entre linhas

Os espaçamentos utilizados foram de 30, 45 e 60 cm nas entre linhas, sendo utilizado uma densidade de semeadura de $50 \text{ plantas m}^{-2}$. Para o ajuste da população de plantas em $250.000 \text{ planta ha}^{-1}$ foi realizado desbaste manual das plantas excedentes, restando na linha o número de plantas projetado de acordo com o espaçamento entre linhas, sendo o número de plantas por metro constante na tabela 1.

Tabela 1 – Número de plantas de soja por metro considerando-se os diferentes espaçamentos entre linhas. Santa Maria, RS - 2007/08.

Espaçamento entre linhas (cm)	Plantas por metro
30	7,5
45	11,2
60	15,0

¹ População mantida no momento da realização do desbaste, em função do espaçamento entre linhas do tratamento.

4.2.2 Avaliações

A área foliar (AF) foi determinada através da pesagem de discos de diâmetro conhecido. Para avaliação do índice de área foliar foi coletado 1 m de linha de cada parcela, sendo este representativo das plantas da parcela. Após a coleta as folhas foram levadas ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas. Para determinação foi realizada a estratificação das plantas em três partes iguais determinadas através da estatura média das plantas coletadas, sendo realizada a determinação em cada terço do dossel.

Após a estratificação, de cada terço, foram retirados 60 discos de diâmetro conhecido para o cálculo dos respectivos índices. Após a separação das folhas e retirada dos discos, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e posteriormente levadas à estufa de secagem com ventilação forçada de ar a 72°C, até peso constante. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,01 g.

A partir dos valores de AF foi realizado o cálculo do índice de área foliar (IAF) obtida pela relação entre a área foliar (AF) e a área de domínio da planta em relação ao solo (AS), IAF: AF/AS.

4.2.2.1 Fitomassa seca

Após a retirada das folhas foi realizada a separação dos ramos e legumes de cada terço, para acompanhamento do crescimento da biomassa de cada órgão, exceto as raízes. Após, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel individualizados em função do tratamento e do respectivo terço da planta, identificados e levados à estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 72 °C, até peso constante para a determinação da fitomassa seca.

O somatório de todos os órgãos resultou na fitomassa seca total das plantas. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,01 g.

4.2.2.2 Determinação da penetração de gotas no interior do dossel

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal propelido a CO₂, com barra de aplicação dotada de cinco pontas de pulverização. Foram utilizadas pontas de jato leque plano de uso ampliado à pressão de 15 (Psi), sendo as alterações de volume proporcionadas pela substituição das pontas de pulverização (Tabela 2), e pelo ajuste da velocidade, mantendo-se a pressão constante para diminuir a variação no tamanho das gotas produzidas.

Tabela 2 - Pontas de pulverização, volume de calda l ha⁻¹ e momentos de aplicação (estádios de desenvolvimento) na cultura da soja. Santa Maria, RS - 2007/08.

Ponta de pulverização	Volume de calda (l ha⁻¹)	Estádio de desenvolvimento
XR 11001	75	V8
XR 11001	100	V8 – V14 – R3
XR 11005	150	V8 - V14 – R3
XR 11002	200	V14 – R3
XR 11003	250	V14 – R3
XR 11004	300	V14 – R3

A deposição das gotas foi avaliada utilizando cartões sensíveis à água dispostos em suportes entre as fileiras, de forma que pudessem ficar expostos às gotas. A altura de fixação dos cartões foi estabelecida em função da estatura média das plantas na parcela, fixando-se os cartões em três locais, a 75% (terço superior), 50% (terço médio) e 25% (terço inferior) da estatura média das plantas. Para realização deste teste foram utilizados dois cartões para cada local de avaliação.

Os cartões sensibilizados pelas gotas foram digitalizados utilizando scanner modelo ColorPage-Vivid 3XE, marca Gênus, com resolução de 600 dpi, sendo salvos em arquivos no formato BMP (Windows Bitmap). Posteriormente foram analisados com auxílio do software E-Sprinkle (RAMOS et al., 2004), versão 2005, obtendo-se a densidade de gotas e o diâmetro mediano volumétrico das mesmas.

4.2.2.3 Rendimento e componentes do rendimento

Ao final do ciclo da cultura, foram coletados 4 m de linha de cada sub-parcela, identificadas e acondicionadas em sacos de ráfia. Logo após, foram levadas ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) onde foram avaliados os componentes seguintes:

- Estatura final de plantas: estatura compreendida entre a superfície do solo e a extremidade da haste principal;
- Número de legumes por planta: contagem do número de legumes presentes nas plantas;
- Número de grãos por planta: contagem do número de grãos presentes nas plantas;
- Peso de 1000 grãos: através da contagem em contador eletrônico digital e pesagem, em balança de precisão;
- Rendimento de grãos: somatório dos grãos produzidos pelos terços da planta, ajustando a umidade da massa de grãos para 13% e pesado em balança de precisão, com valor expresso posteriormente em kg ha^{-1} .

A análise dos dados originais foi realizada através de análise da variância para verificar a significância da interação e dos efeitos principais e, depois de realizado teste de médias e análise de regressão (STORCK et al., 2004), com auxílio do programa estatístico SISVAR Versão 5.0 (Registro de *Software* de 28/04/2006 sob o número: 828459851) desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (UFLA-MG/BR) (FERREIRA, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fechamento das entre linhas

O fechamento das entre linhas apresentou resposta a variação do espaçamento das entre linhas, sendo o fechamento mais rápido observado no espaçamento de 30 cm, onde o fechamento completo foi observado na avaliação realizada aos 35 dias após a emergência, para ambas as cultivares. A cultivar BRS 243 apresentou uma cobertura do solo superior a cultivar FUNDACEP 55 (F.55), nos três espaçamentos utilizados Figura 1.

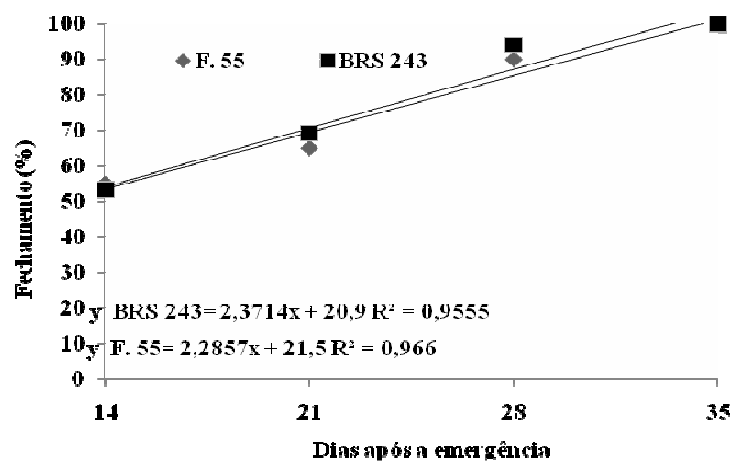
O espaçamento de 45 cm entre linhas apresentou fechamento total das entre linhas aos 49 dias após a emergência, sendo observada na Figura 1 a maior capacidade da cultivar BRS 243 RR em recobrir o solo, apresentando fechamento mais rápido. Fechamento mais lento, porém total das entre linhas, foi obtido no espaçamento de 60 cm, para ambas as cultivares, sendo necessário para o completo fechamento, o desenvolvimento de um número maior de ramos laterais, necessitando um período de tempo maior para que o fechamento completo seja observado.

Segundo Wells (1991) o fechamento rápido das entre linhas, nos estádios iniciais, possibilita o desenvolvimento precoce do aparato fotossintético, otimizando a capacidade de interceptação da radiação solar e/ou acúmulo de matéria seca das plantas sendo dependente também de fatores climáticos, data de semeadura, genótipo, fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas.

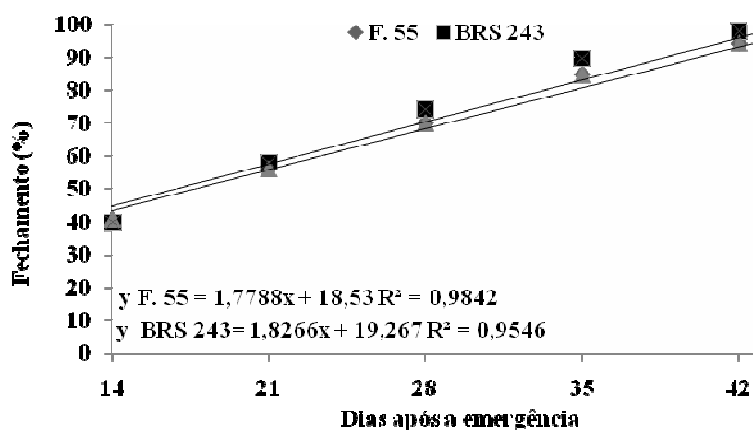
Um dos objetivos da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entre linhas, é a diminuição do tempo para que a interceptação pela cultura atinja 95% da radiação solar incidente, aspecto que incrementa a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD; HARVILLE, 1992; SHAW; WEBER, 1967).

Menores espaçamentos das entre linhas, em uma mesma população de plantas, proporcionam melhor distribuição das mesmas na área, com maior aproveitamento da radiação solar, pois permitem a redução da densidade de plantas nas linhas. Isto, de acordo com Ventimiglia et al. (1999), determina maior potencial de rendimento, o que justifica o aumento da produtividade obtida por alguns autores como Bullock et al. (1998).

a) Espaçamento de 30 cm:



b) Espaçamento de 45 cm:



c) Espaçamento de 60 cm:

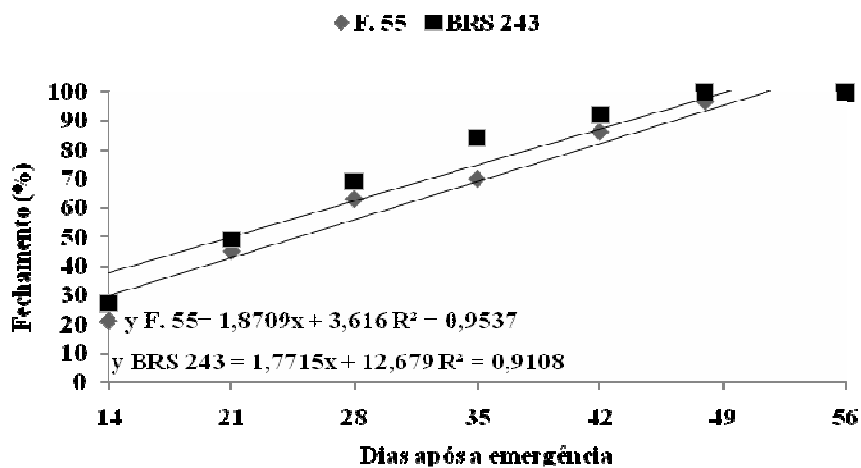


Figura 1: Fechamento das entrelinhas em função do espaçamento, data de avaliação e cultivar. Santa Maria, RS - 2007/08.

5.2 Índice de área foliar

Destaca-se que, de modo geral, os valores de IAF foram baixos, apresentando valores pouco superior a 4 m² de folha m² de solo (Figura 2), considerado “crítico” por Board e Harville (1992). O IAF indica a capacidade com que as folhas ocupam a área de solo disponível e interceptam a radiação solar. Este índice depende da área foliar por planta e do número de plantas por unidade de área, sendo importante para a produtividade biológica da cultura, pois afeta diretamente a fotossíntese (LUCCHESI, 1987). O maior índice de área foliar médio foi obtido no espaçamento de 30 cm, seguido pelo espaçamento de 45 cm e os menores índices de área foliar foram verificados no tratamento com 60 cm das entre linhas.

Board e Harville (1992), Board et al. (1992) e Hammond et al. (2000), em trabalhos utilizando espaçamento reduzido entre linhas relatam incremento na interceptação de luz e melhor utilização da radiação solar incidente pela soja, principalmente pela maior quantidade de área foliar existente no espaçamento reduzido quando comparado aos maiores espaçamentos.

A resposta diferenciada do IAF em função do espaçamento entre linhas também foi observado no ponto de maior IAF. O espaçamento de 30 cm apresentou maior IAF, para ambas cultivares, indicando que espaçamentos reduzidos entre linhas podem aumentar a área foliar por planta e, quando mantidas a população, em comparação com espaçamentos mais amplos, incrementa o IAF da cultura.

Para Costa et al. (1996) quanto mais próximas as linhas de soja, mais precoce será o fechamento das entre linhas, beneficiando a cultura pela interceptação da radiação incidente desde o início do ciclo. Este fato resulta em maior acúmulo de reservas durante a fase vegetativa, reservas estas utilizadas no período reprodutivo para formação e fixação de flores e legumes e para o enchimento dos grãos. Também, em espaçamentos menores, devido a competição por luz, água, CO₂ e nutrientes se intensificar, as plantas tornam-se mais vigorosas.

Nas duas cultivares utilizadas neste experimento o IAF foi crescente até um ponto de máxima, variável em função do espaçamento entre linhas e da cultivar, apresentando incremento inicial para posterior decréscimo em função da senescência das folhas (Figura 2).

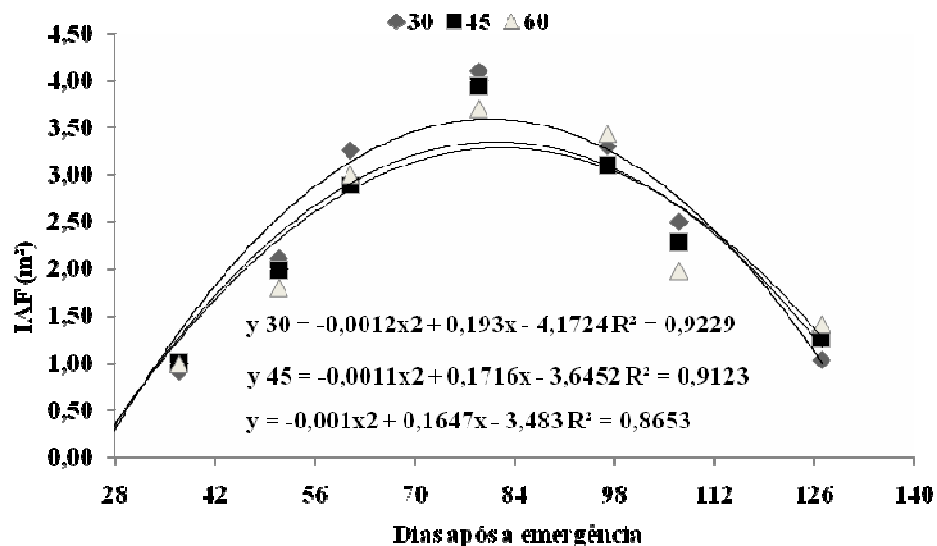
O IAF máximo ter sido verificado no estágio R5 é relevante, pois a partir do início do enchimento dos grãos, intensifica-se a demanda por água, nutrientes e fotoassimilados. Esses

fatores, essenciais à produção, são preferencialmente direcionados aos grãos em formação, não só para atendimento do acúmulo crescente de matéria seca, mas também, da biossíntese de óleo e de proteína nas sementes.

As cultivares utilizadas apresentaram comportamento distinto em função da época de avaliação, sendo que a cultivar BRS 234 RR apresentou o maior IAF em comparação a cultivar FUNDACEP 55 RR, esta apresentando curvatura mais acentuada em função do ciclo mais precoce, com senescência mais acentuada a partir da avaliação realizada aos 84 dias após a emergência da cultura. A diferença no IAF das cultivares evidenciou-se a partir dos 84 dias após a semeadura da cultura, quando a cultivar BRS 243 RR, com menor taxa de senescência, apresentou maior quantidade de folhas e conseqüentemente, maior IAF.

A diferença no IAF observado entre as cultivares era esperada uma vez que Haile et al. (1998) menciona a diferença entre cultivares como um dos fatores com maior influencia no IAF. Segundo o autor, cultivares com maior área foliar podem, inclusive, tolerar maior desfolhamento resultando em redução da interceptação de luz similar à cultivares com menor área foliar.

a) Espaçamento x data de avaliação:



b) Cultivar x data de avaliação:

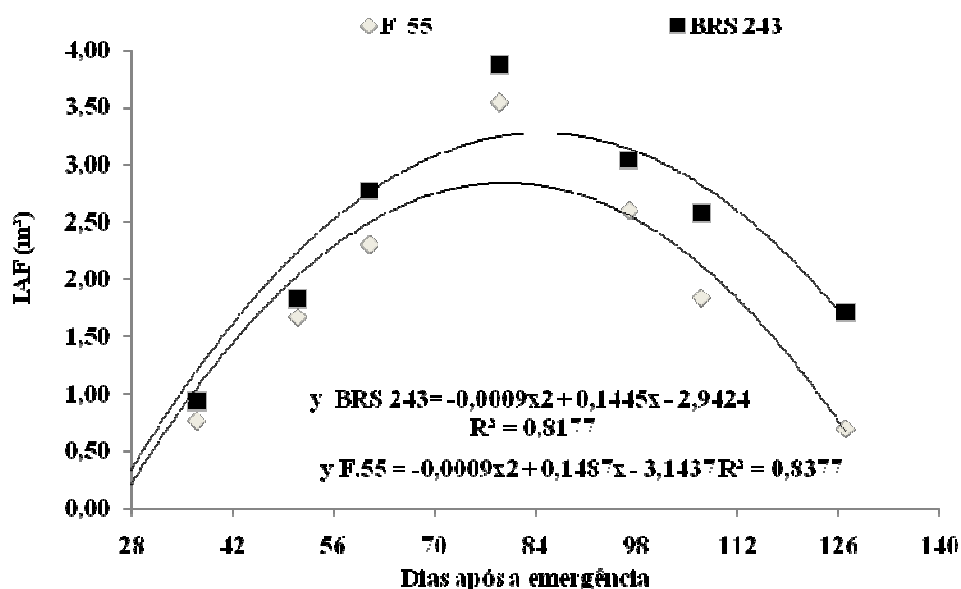


Figura 2: Índice de área foliar médio da cultura da soja em função do espaçamento x data de avaliação (a) e do efeito da cultivar x data de avaliação (b). Santa Maria, RS - 2007/08.

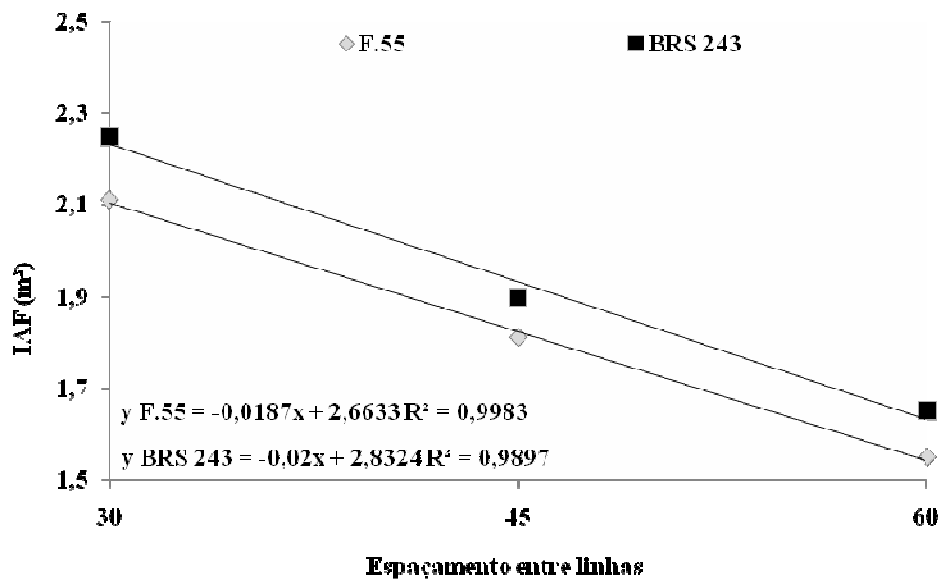


Figura 3 - Índice de área foliar médio da cultura da soja em função do espaçamento x cultivar. Santa Maria, RS - 2007/08.

5.3 Penetração de gotas

No estágio V8 a determinação do número e do diâmetro das gotas foi realizada apenas na parte superior e média, onde se observou maior concentração no número de gotas na parte superior das plantas, independentemente do volume, do espaçamento entre linhas e da cultivar. Esta maior concentração de gotas na parte superior também observou-se nas avaliações subsequentes, V14 e R3 (Figuras 4), evidenciando a diferença de volume retido entre posições distintas na planta.

No estágio V8, para as cultivares semeadas no espaçamento de 30 cm de entre linhas observou-se o menor número de gotas, sendo este valor observado nas duas partes da planta avaliadas, resultado expressivo quando comparado ao número de gotas verificados nos tratamentos com 45 e 60 cm nas entre linhas. Maior penetração de gotas, com maior número de gotas cm^{-2} , foi obtido no espaçamento de 60 cm entre linhas, indicando ser este o espaçamento mais favorável a penetração de gotas no interior do dossel.

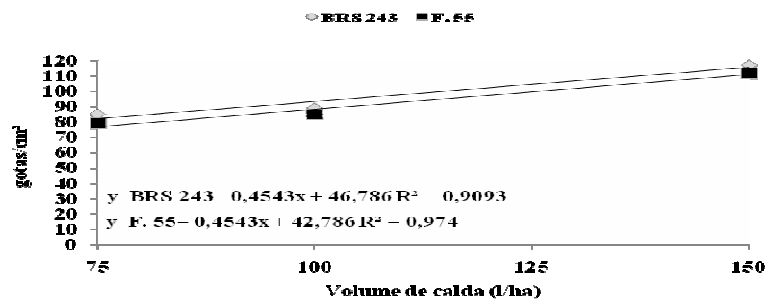
O número de gotas cm^{-2} , em todas as posições, diferiu em função do volume de calda utilizado. O volume de 150 l ha^{-1} apresentou maior número de gotas cm^{-2} em comparação aos volumes de 75 e 100 l ha^{-1} . Também Limberger (2006) obteve maior retenção de calda nas

posições superior e inferior do dossel da cultura do feijão, do volume de 160 l ha⁻¹, quando comparado ao volume de 115 l ha⁻¹, indicando maior distribuição de calda no alvo empregando-se maior volume de aplicação, condição desejada principalmente quando do uso de agrotóxicos que necessitam da relação deposição-contato.

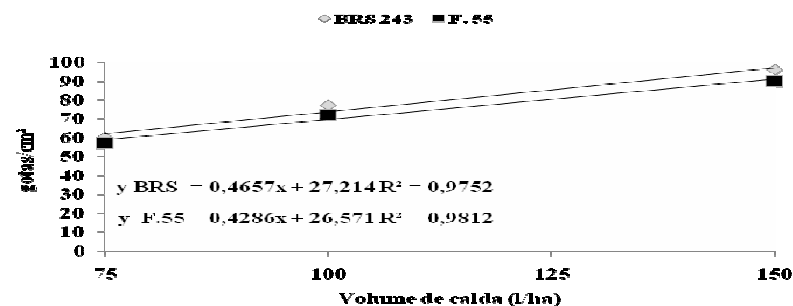
Avaliando o comportamento das cultivares, observa-se maior número de gotas e maior uniformidade de penetração na cultivar BRS 243 RR, quando comparada aos resultados apresentados pela cultivar FUNDACEP 55. Este comportamento foi observado para os três volumes avaliados e nos três espaçamentos entre linhas utilizados. O maior número de gotas cm⁻² obtido nos tratamentos com a cultivar BRS 243 RR reflete diferenças na arquitetura das cultivares, pois esta cultivar apresentou maior número de gotas, mesmo apresentado maior índice de área foliar do que a cultivar F. 55.

A maior quantidade de gotas observadas na cultivar BRS 243 RR indicam maior facilidade de realização do manejo fitossanitário nesta cultivar, uma vez que, segundo McNichol et al. (1997) o sucesso da aplicação é determinado pela eficiência do princípio ativo e pela intensidade e uniformidade de cobertura. Portanto a eficácia depende não apenas da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também, da uniformidade de cobertura do alvo, destacando-se a maior densidade de gotas na cultivar BRS 243, nos espaçamentos mais amplos entre linhas e quando da utilização de maiores volumes de calda.

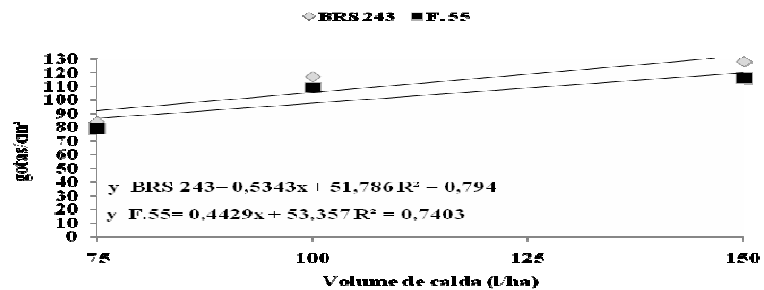
a) 30 cm – Terço superior



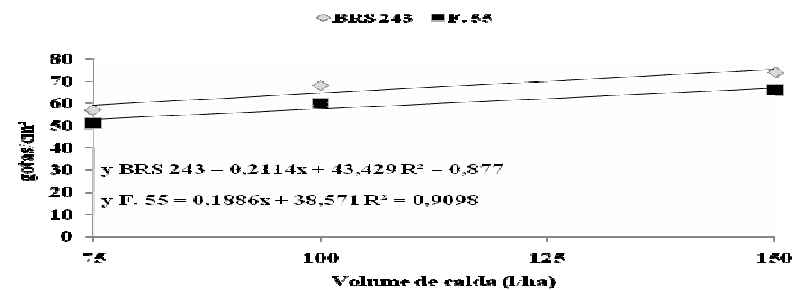
b) 30 cm – Terço médio



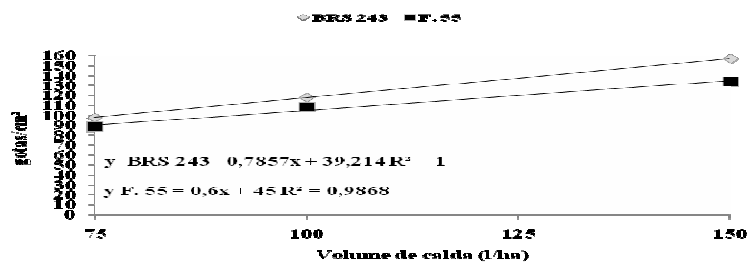
c) 45 cm – Terço superior



d) 45 cm – Terço médio



g) 60 cm – Terço superior



h) 60 cm – Terço médio

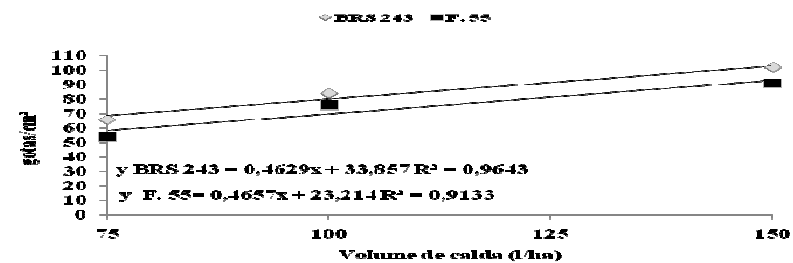


Figura 4 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização no estágio V8, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e cultivar utilizada. Santa Maria, 2008.

Os resultados obtidos nas pulverizações realizadas nos estádios V14 e R3 seguem a tendência observada na aplicação realizada no estádio V8, onde o aumento do volume de calda propiciou incremento no número de gotas cm^{-2} . Este resultado explica-se em função dos maiores espaçamentos apresentarem menor interceptação de gotas pelas folhas superiores, possibilitando maior penetração de gotas no interior do dossel e conseqüentemente maior uniformidade na aplicação.

O volume de aplicação de 300 l ha^{-1} proporcionou maior número de gotas em todo o dossel, nas duas aplicações, quando comparado ao demais volumes de calda. Este resultado indica maior distribuição de calda no alvo empregando-se maior volume de aplicação, condição desejada principalmente quando do uso de agrotóxicos de contato. Para Limberger (2006) com o incremento do volume de aplicação espera-se o aumento da retenção do volume aplicado até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escorrimento, o que não é desejável.

Derksen e Sanderson (1996) avaliando o efeito do volume de calda na deposição verificaram que, com o uso de altos volumes calda ocorreu melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel. Os autores mencionam que altos volumes permitem uma redistribuição de produto por meio do escorrimento da parte superior para a parte inferior, o que causa maior deposição nas partes inferiores e, com isso, maior uniformidade de deposição.

De acordo Limberger (2006) o volume de calda é uma variável importante na aplicação, sendo que existe uma tendência de redução deste volume. O autor adverte, porém, que o uso de menor volume de água misturada ao ingrediente ativo apesar de aumentar a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, diminuindo os custos de aplicação, exige aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada. Este aprimoramento é necessário para obtenção de boa cobertura do alvo desejado, pois a utilização de menores volumes de calda diminui o número de gotas cm^{-2} que atingem o alvo biológico, o que foi observado neste experimento, apesar de aumentar a concentração do ingrediente ativo na gota.

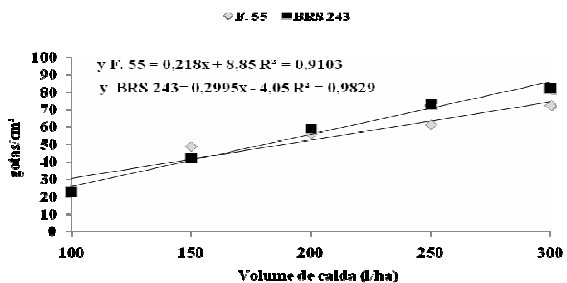
A avaliação da deposição de gotas nos terços do dossel indicam grande variação na cobertura em função da interceptação das gotas pela folhas localizadas na parte superior da planta. Para todos os tratamentos a maior densidade de gotas foi obtida no terço superior da planta, seguido pelo terço médio e pelo terço inferior, que, especialmente nos tratamentos com menor espaçamento das entre linhas evidencia a dificuldade de penetração das gotas no interior do dossel. Esta dificuldade cresce em importância com o avanço do ciclo da cultura,

sendo que na pulverização realizada no estágio R3, no espaçamento de 30 cm de entre linhas e, quando pulverizado o volume de 100 l ha⁻¹, contabilizou-se menos de 10 gotas cm⁻² no terço inferior da planta, enquanto no espaçamento de 60 cm, para a mesma condição, este valor oscilou entre 28 gotas cm⁻² na cultivar FUNDACEP 55 e 35 gotas cm⁻² na cultivar BRS 243 RR.

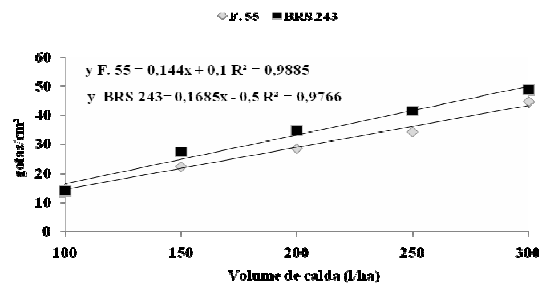
Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos agrotóxicos ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (GUPTA; DUC, 1996). Para Santos et al. (2003) de maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas.

A cultivar BRS 243 RR apresentou maior número de gotas cm⁻² em todas os estágios de avaliação, mantendo esta tendência independente da posição avaliada, indicando arquitetura favorável, fator fundamental frente aos desafios impostos no momento de exercer controle de pragas e doenças, especialmente as com infecção inicial na parte inferior da planta.

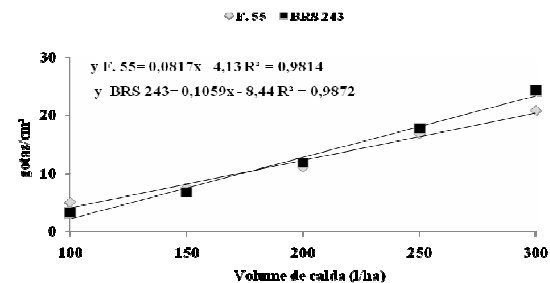
e) 30 cm – Terço superior



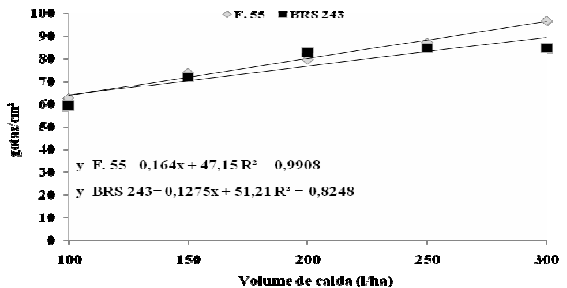
f) 30 cm – Terço médio



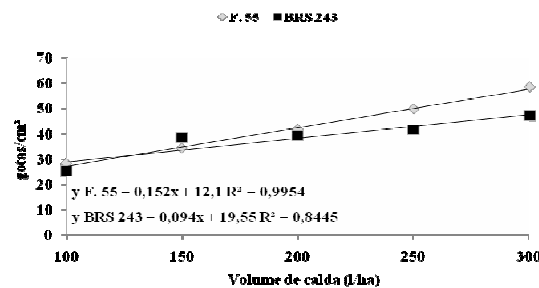
g) 30 cm – Terço inferior



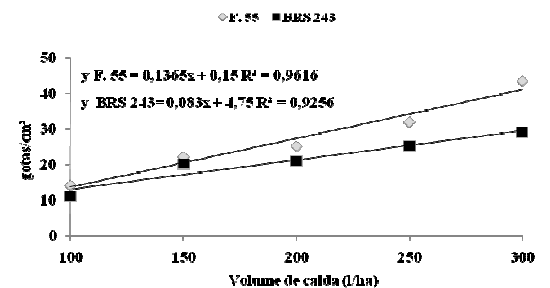
h) 45 cm – Terço superior



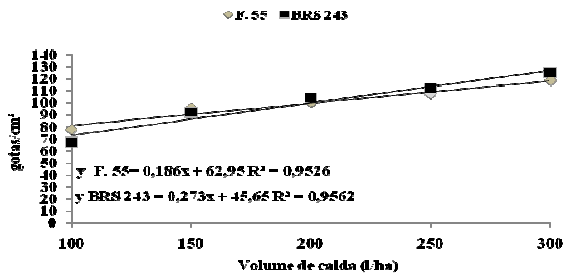
i) 45 cm – Terço médio



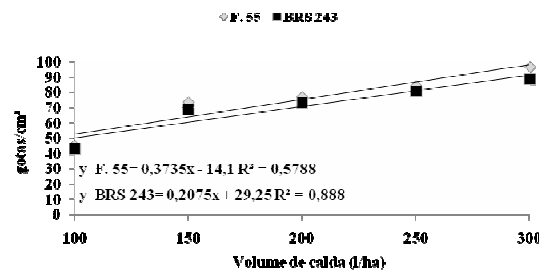
j) 45 cm – Terço inferior



g) 60 cm – Terço superior



h) 60 cm – Terço médio



i) 60 cm – Terço inferior

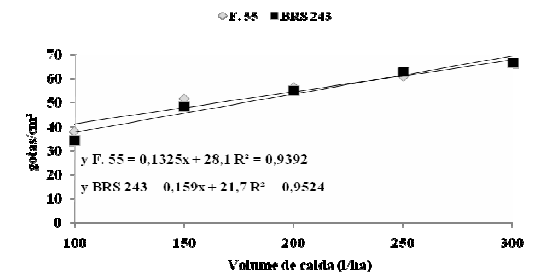
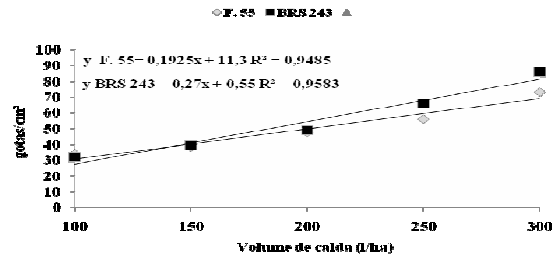
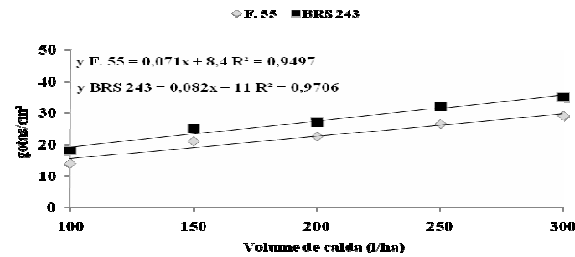


Figura 5 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estágio V14, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da cultivar utilizada. Santa Maria, 2008.

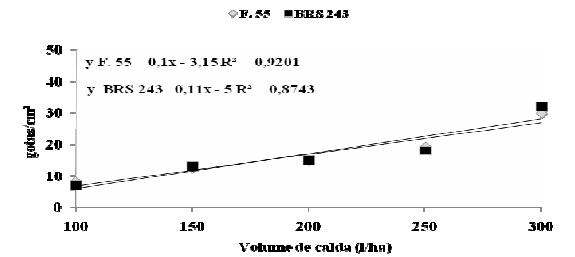
a) 30 cm – Terço superior



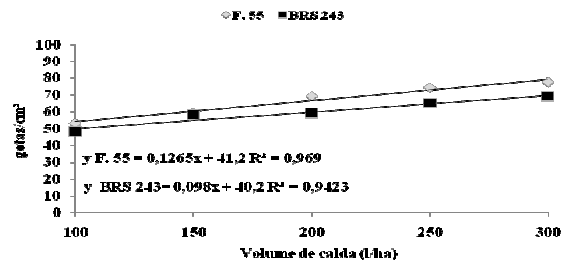
b) 30 cm – Terço médio



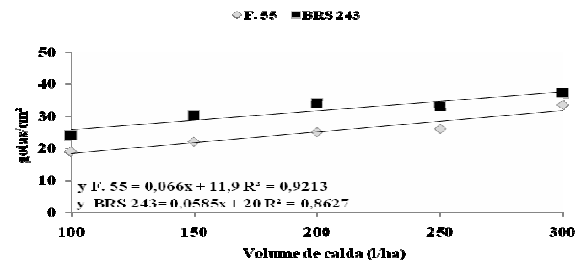
c) 30 cm – Terço inferior



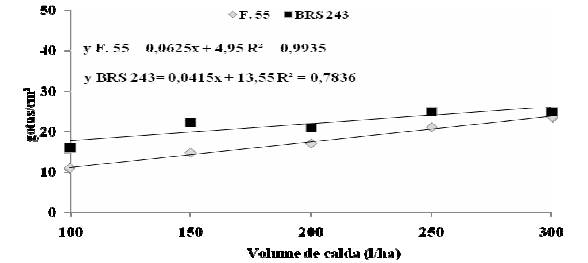
d) 45 cm – Terço superior



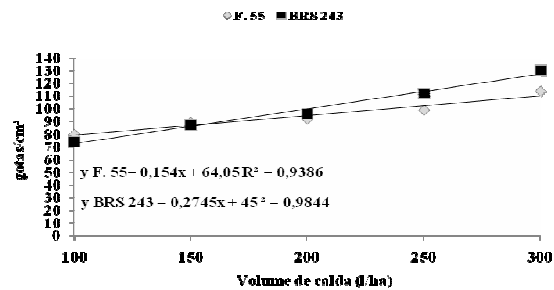
e) 45 cm – Terço médio



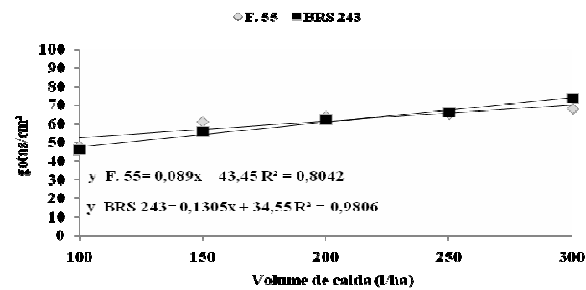
f) 45 cm – Terço inferior



g) 60 cm – Terço superior



h) 60 cm – Terço médio



i) 60 cm – Terço inferior

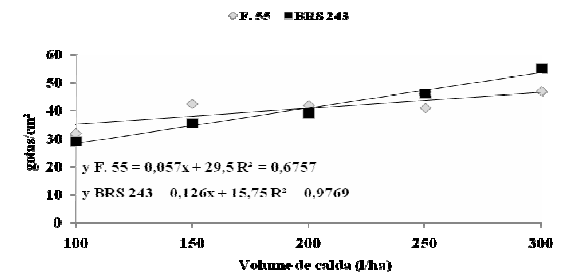


Figura 6 - Penetração de gotas nos terços superior, médio e inferior da cultura da soja, em pulverização simulada no estágio R3, em função do volume de calda, do espaçamento entre linhas e da cultivar utilizada. Santa Maria, 2008.

5.4 Diâmetro de gotas

O diâmetro mediano volumétrico (DMV) foi influenciado pelo volume de calda, pelo espaçamento entre linhas e pelas cultivares. Ocorreu aumento no DMV em função do incremento no volume de calda e decréscimo do mesmo em função do aumento do espaçamento das entre linhas.

O maior DMV foi observado na cultivar BRS 243 RR podendo ser explicado pela menor dificuldade imposta por esta à penetração de gotas no interior da cultura, o que resulta em aumento do DMV em função da penetração de um número maior de gotas grandes.

Os maiores volumes proporcionaram maior DMV, especialmente quando utilizou-se o volume de 300 l ha⁻¹, cujo diâmetro mediano volumétrico (DMV) apresentou os maiores valores e também as maiores diferenças em relação aos demais volumes utilizados, comprovando o efeito do volume de calda e a influencia deste na eficiência da pulverização.

Ocorreu efeito do espaçamento entre linhas e da cultivar, apresentando o espaçamento de 60 cm os maiores valores, em função da maior facilidade de penetração, enquanto os menores diâmetros medianos foram obtidos com 30 cm de espaçamento nas entre linhas, evidenciando a maior capacidade de penetração de gotas com menor tamanho, em condições de difícil penetração de gotas.

Comparando-se os resultados presentes nas tabelas 4, 5 e 6, onde se expressam os valores relativos ao terço superior, médio e inferior das plantas, respectivamente, observa-se a maior participação de gotas com menor diâmetro nos terços inferiores e médios, ressaltando a maior capacidade de penetração destas gotas, sendo que gotas com maior diâmetro são interceptadas mais facilmente pelas folhas do terço superior.

Os resultados obtidos indicam variação significativa na cobertura e no DMV entre os espaçamentos avaliados, em cada volume de calda, indicando a inter-relação do manejo cultural na qualidade da aplicação, o que também foi afirmado por MADALOSSO (2008), que obteve maior cobertura e gotas com maior diâmetro mediano volumétrico no espaçamento de 60 cm, em comparação aos espaçamentos com 30 e 45 cm de entre linhas. O mesmo autor ainda menciona a redução do DMV em aplicações realizadas em estádios mais avançados do ciclo da soja, em comparação a aplicações no início do desenvolvimento da cultura, quando o objetivo principal das aplicações é controle de infestantes, pragas iniciais e controle de lagartas desfolhadoras. Esta diminuição no DMV em aplicações mais adiantadas

no ciclo também observou-se no presente trabalho, sendo que os menores DMV foram obtidos na pulverização realizada no estádio R3, quando comparada aos estádios V8 e V14.

Este resultado era esperado em função incremento do IAF da cultura e da maior concentração da área foliar ocorrer na parte superior devido à senescência de folhas localizadas na parte inferior.

A qualidade da cobertura do alvo está condicionada ao diâmetro de gotas. As gotas de menor diâmetro proporcionam maior penetração entre as folhas das culturas (SANTOS, 1992; OZEKI; KUNZ, 1998), entretanto, ao reduzir o diâmetro das gotas para aumentar a cobertura do alvo, com o mesmo volume de aplicação, maior é a interferência do vento, causando deriva, e da temperatura e umidade do ar, causando perdas por evaporação (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para Matuo (1998), o produto fitossanitário deve exercer sua ação sobre determinado organismo, portanto é necessário que o alvo seja atingido; sendo assim, qualquer quantidade de produto químico (ou agente de outra natureza) que não atinja o alvo, não terá qualquer eficácia e estará representado como forma de perda. Portanto, é preciso conhecer o espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental, de acordo com as condições meteorológicas no momento da aplicação (CUNHA et al., 2003).

Antuniassi et al. (2004) cita a influência de diferentes pontas de pulverização na cobertura de folhas de soja, especialmente pela produção de gotas com diferentes diâmetros, sendo que gotas com menor diâmetro promovem melhor cobertura nas partes médias e baixas da planta. Estudos realizados por Scudeler et al. (2004), avaliando as pontas de pulverização APX 11002 e AVI 11002 na deposição de calda na cultura da soja, também concluíram não haver influência na deposição da pulverização na parte superior do dossel.

Tabela 3 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) na parte superior e inferior do dossel, em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio V8, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Superior			Inferior		
		Volume de calda (l ha ⁻¹)			Volume de calda (l ha ⁻¹)		
		75	100	150	75	100	150
60	F. 55	412 *ns	409	434	387	390	407
	BRS 243	442	424	490	400	420	429
45	F. 55	381	399	409	339	348	396
	BRS 243	399	436	418	350	367	407
30	F. 55	395	421	358	310	324	336
	BRS 243	427	448	359	317	335	348
C.V. (%)				15,4			

*ns: não significativo.

Tabela 4 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio V14, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60	F. 55	330 a B	359 a AB	373 a AB	418 a A	458 a A
	BRS 243	357 a AB	386 a A	398 a A	441 a A	468 a A
45	F. 55	261 b B	281 ab B	352 ab A	381 a A	416 a A
	BRS 243	297 b B	319 ab AB	332 ab AB	397 a A	429 a A
30	F. 55	217 c AB	241 b AB	274 b AB	298 ab AB	356 a A
	BRS 243	265 b cA	274 b A	308 ab A	332 a A	348 a A
C.V. (%)		21,9				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença em função do espaçamento e cultivar enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo espaçamento e cultivar. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio do dossel em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio 14, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60	F. 55	261 a AB	269 a AB	290 a A	302 a A	339 a A
	BRS 243	279 a AB	286 a AB	327 a A	323 a A	357 a A
45	F. 55	258 a AB	232 ab AB	239 b A	238 ab A	298 ab A
	BRS 243	275 a AB	261 a AB	286 a A	297 a A	312 ab A
30	F. 55	186 ab AB	199 ab AB	217 b A	221 b A	254 b A
	BRS 243	210 ab AB	231 ab AB	243 b A	257 ab A	296 a A
C.V. (%)		17,8				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença em função do espaçamento e cultivar enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo espaçamento e cultivar. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior do dossel em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio 14, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60	F. 55	164 a AB	182 a A	215 a A	223 a A	247 a A
	BRS 243	192 a A	197 a A	237 aA	240 a A	268 a A
45	F. 55	103 ab AB	114 b AB	171 ab A	183 a A	198 a A
	BRS 243	126 ab B	139 ab AB	172 ab A	195 a A	237 a A
30	F. 55	91 ab AB	95 b AB	128 b A	159 ab A	162 ab A
	BRS 243	108 ab AB	113 b AB	119 b A	175 a A	178 ab A
C.V. (%)		23,9				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença em função do espaçamento e cultivar enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo espaçamento e cultivar. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 7 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço superior em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio R3, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60	F. 55	315 a B	331 a AB	353 a AB	387 a A	441 a A
	BRS 243	324 a AB	346 a AB	379 a A	394 a A	447 a A
45	F. 55	243 ab B	264 b B	295 a AB	336 a A	387 a A
	BRS 243	254 ab AB	279 ab AB	299 a A	334 a A	369 a A
30	F. 55	224 b B	243 b AB	276 ab AB	298 ab A	354 a A
	BRS 243	257 ab AB	289 ab A	301 a A	329 ab A	351 a A
C.V. (%)		25,8				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença em função do espaçamento e cultivar enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo espaçamento e cultivar. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 8 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço médio em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio R3, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60	F. 55	219 a AB	239 a AB	241 a AB	249 a A	347 a A
	BRS 243	246 a AB	244 aAB	251 a A	267 a A	309 a A
45	F. 55	197 a A	218 a A	221 a A	225 a A	251 ab A
	BRS 243	121 b B	231 a A	243 a A	254 a A	294 ab A
30	F. 55	132 b AB	148 b AB	159 b A	197 ab A	220 b A
	BRS 243	159 ab AB	164 ab AB	175 ab A	218 ab A	265 ab A
C.V. (%)		21,9				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença em função do espaçamento e cultivar enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo espaçamento e cultivar. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 9 - Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV) no terço inferior em três espaçamentos entre linhas e duas cultivares de soja em resposta a pulverização realizada no estádio R3, com diferentes volumes de calda. Santa Maria, 2007/08.

Esp.	Cultivar	Volume de calda (l ha ⁻¹)				
		100	150	200	250	300
60	F. 55	113 a B	146 a AB	179 a A	188 a A	217 aA
	BRS 243	132 a B	163 a AB	191 a A	199 a A	234 a A
45	F. 55	102 a AB	123 a AB	147 a A	155 a A	181 a A
	BRS 243	114 a AB	135 aAB	154 a AB	169 a A	193 a A
30	F. 55	89 a B	98 b B	104 ab AB	123 ab AB	158 a A
	BRS 243	101 a B	115 ab AB	118 ab AB	132 ab AB	175 a A
C.V. (%)		27,2				

*Médias não seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, referem-se a diferença em função do espaçamento e cultivar enquanto médias não seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, referem-se a diferença expressa pela utilização de diferentes volumes de calda dentro do mesmo espaçamento e cultivar. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5.5 Rendimento de grãos e taxa de crescimento

Na tabela 10 apresenta-se o rendimento de grãos da cultura em função da cultivar e do espaçamento entre linhas. Os maiores rendimentos foram obtidos no espaçamento de 30 cm, seguido pelo espaçamento de 45 e com menor rendimento no espaçamento de 60 cm. Maiores rendimentos em menores espaçamentos entre linhas também foi constatado por Pires et al. (1998) Udoguchi e Mcclound (1987), Bullock et al. (1998) e por Ventimiglia et al. (1999). Para estes autores, este incremento deve-se ao maior crescimento inicial da cultura nos menores espaçamentos entre linhas, refletindo no rendimento, comprovando haver, em espaçamentos mais amplos, perda no rendimento de grãos que, neste caso chegou a 793,63 kg ha⁻¹ para a cultivar BRS 243 e 887,28 kg ha⁻¹ para a cultivar FUNDACEP 55.

Em trabalhos realizados com espaçamento reduzido entre fileiras Board e Harvile (1992), Board et al. (1992) e Hammond et al. (2000), apresentaram incremento na interceptação de luz e melhor utilização da radiação solar incidente pela soja, principalmente pela quantidade de área foliar existente no espaçamento reduzido quando comparado ao maior espaçamento, resultando em maior acúmulo de fotoassimilados.

Já Maehler (2000) não obteve aumento no rendimento com a redução do espaçamento entre linhas de 40 para 20 cm, utilizando a população de 40 plantas m⁻². Porém de acordo com Rambo et al. (2003), a redução do espaçamento entre linhas pode não trazer benefícios em

rendimento, mas também não o reduz, fato importante já que esta prática não aumenta os custos de produção da lavoura.

As duas cultivares utilizadas neste experimento apresentaram resposta ao rendimento de grãos aos espaçamentos utilizados, sendo a cultivar BRS 243 RR mais produtiva que a cultivar F. 55, nos três espaçamentos utilizados. Este resultado explica-se parcialmente pelo maior IAF apresentado por esta cultivar ao longo das datas de avaliação. A diferença no rendimento de grãos das cultivares também pode ser atribuído a menor senescência de folhas velhas nas avaliações realizadas a partir dos 84 dias após a emergência, quando a diferença no IAF foi acentuada, com a cultivar BRS 243 apresentando um IAF maior, o que resulta em maior produção e translocação de fotoassimilados aos grãos.

a) Espaçamento entre linhas:

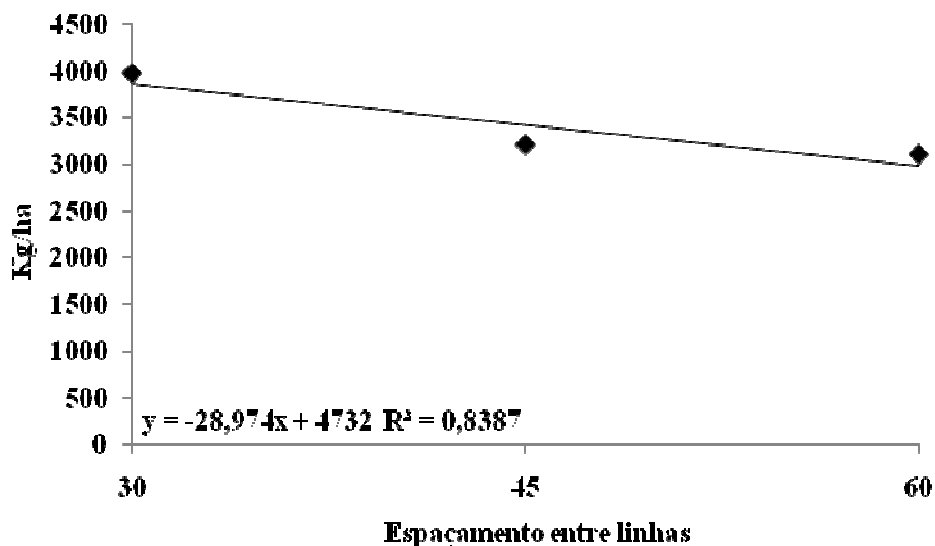


Figura 7 - Rendimento de grãos em função do espaçamento entre linhas na cultura da soja. Santa Maria, 2007/8.

A análise dos componentes do rendimento indica maior número de legumes no espaçamento de 30 cm nas entre linhas, diferindo o número de legumes apresentados pela cultivar BRS 243 RR neste espaçamento dos demais espaçamentos, para a mesma cultivar. O número de legumes apresentados pela cultivar BRS 243 foi superior ao apresentado pela

cultivar F.55, independente do espaçamento utilizado. Este comportamento refletiu-se no número de grãos planta⁻¹ e legumes planta⁻¹, sendo que para o número de legumes m⁻² diferenças estatísticas foram observadas quando comparada o número de legumes m⁻² apresentado pela cultivar BRS 243 RR no espaçamento de 30 cm ao resultado apresentado pela cultivar F.55 nos espaçamentos de 45 e 60 cm.

Segundo Parcianello (2002) o número de legumes m⁻² é o componente de rendimento que melhor responde ao manejo da cultura, demonstrando a capacidade da planta em se ajustar às diferentes condições de manejo. Assim, o número de legumes m⁻² foi o componente do rendimento mais responsivo aos tratamentos, demonstrando a capacidade da planta em se ajustar às diferentes condições de manejo.

O peso médio de 100 grãos apresentou valores próximos a média obtida pelas cultivares (Anexo), sendo o peso médio dos grãos da cultivar F.55 foi superior ao da cultivar BRS 2453 RR, porém sem diferenças estatísticas, para os três espaçamentos utilizados. Observou-se tendência, porém sem diferenças estatísticas, de aumento no peso médio de grãos em função do aumento do espaçamento entre linhas, podendo este comportamento responder ao menor número de grãos apresentados por tratamentos com espaçamento mais amplos, possibilitando assim maior peso médio de grãos em função da translocação de fotoassimilados ser realizada a um menor número de grãos/planta. Também Maehler (2000) não obteve diferenças significativas para este parâmetro, em experimento utilizando espaçamentos entre linhas de 20 a 40 cm, variação inferior ao utilizado no presente experimento.

Em experimentos desenvolvidos por Board et al. (1990) o peso de grãos e o número de grãos por legume não foram afetados pelo arranjo de plantas, em função destes componentes serem determinados no final do ciclo reprodutivo da soja. Para COOPERATIVE... (1994), tanto o número de grãos por legume como o peso do grão tem controle genético substancial e por isso tem pequena variação.

Para Gazzoni e Moscardi (1998); Grymes et al. (1999) o peso de grãos é o segundo componente do rendimento responsável pela redução do rendimento de grãos da cultura, sendo este responsivo a manutenção da área foliar na planta, sendo que cada cultivar apresenta um peso característico (faixa de peso).

Tabela 10 - Rendimento de grãos em função do espaçamento entre linhas e cultivar utilizada. Santa Maria, RS, 2007/08.

Esp. (cm)	Cultivar	Rendimento (kg ha ¹)	Leg.planta ⁻¹	Leg. m ⁻²	Grãos planta ⁻¹	Grãos m ⁻²	Peso 100 grãos (g)
30	BRS 243	3998,67 a	73,7 a	1842,7 a	129,0 a	3224,7 a	12,4 ab
	F. 55	3868,26 a	56,6 b	1415,7 b	112,1 ab	2803,1 ab	13,8 a
45	BRS 243	3342,73 ab	60,6 b	1516,0 b	106,1 b	2653,0 b	12,7ab
	F. 55	3246,65 ab	46,9 b	1173,7 bc	93,4 b	2335,7 b	13,9 a
60	BRS 243	3205,04 b	55,4 b	1386,2 b	97,0 b	2425,8 b	12,8 ab
	F. 55	2980,98 b	43,5 b	1087,7 bc	84,0 bc	2099,3 bc	14,2 a
C.V.(%)		3,9	6,4	4,9	5,1	5,3	1,7

*Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A taxa de crescimento da cultura foi superior para o espaçamento de 30 cm em comparação aos espaçamentos de 45 e 60 cm (Figura 8), para ambas as cultivares, sendo que a cultivar BRS 243 RR apresentou taxa de crescimento superior a cultivar FUNDACEP 55 RR, justificando maior rendimento de grãos observados na tabela 10.

De acordo com Bullock et al. (1998) a redução do espaçamento entre fileiras promove um incremento na TCC até aproximadamente o estágio R5, devido ao incremento do IAF que propicia maior número de legumes. Para Board et al. (1992), o incremento do rendimento em espaçamentos estreitos se deve à maior produção de legumes gerada pelo efeito do aumento na interceptação de luz, e TCC, do período vegetativo inicial ao reprodutivo final, com maior número de nós férteis m⁻² e/ou de legumes por nó fértil.

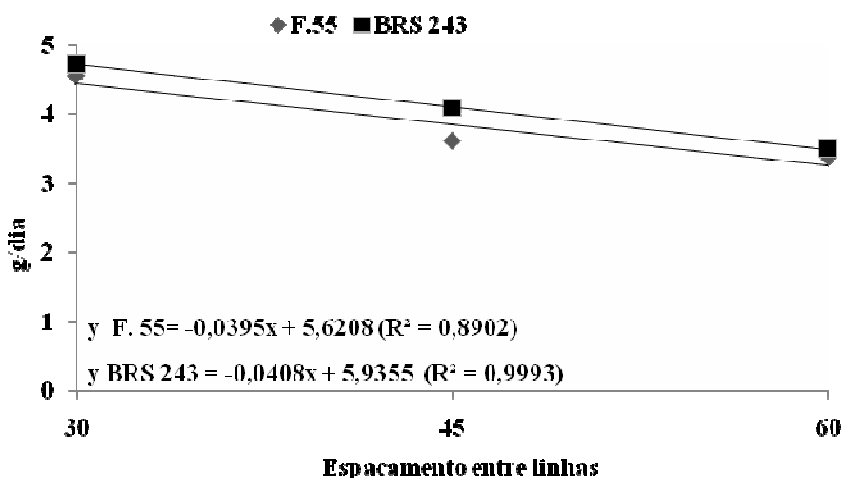


Figura 8 - Taxa de crescimento da cultura (TCC) (g m⁻² dia⁻¹) durante o ciclo da cultura em duas cultivares e três espaçamentos entre linhas. Santa Maria, 2007/08.

6 CONCLUSÕES

- ✓ . O espaçamento entre linhas interfere diretamente no fechamento da entre linha, no índice de área foliar, no número e no tamanho de gotas que atinge as diferentes partes da planta, sendo o espaçamento de 60 cm nas entre linhas o que possibilita maior número de gotas, sendo estas de maior diâmetro mediano volumétrico.
- ✓ Fechamento mais rápido, maior índice de área foliar, menor número de gotas e gotas com menor diâmetro mediano volumétrico são obtidas em pulverização realizadas no espaçamento de 30 cm nas entre linhas, sendo estas gotas de tamanho menor, em função da maior dificuldade imposta à penetração por este espaçamento.
- ✓. A redução no espaçamento de 45 para 30 cm incrementa o rendimento de grãos da cultura, apresentado influencia nos componentes do rendimento.
- ✓. A cultivar BRS 243 RR apresenta maior índice de área foliar, maior rendimento de grãos e menor dificuldade a penetração de gotas no interior do dossel da cultura da soja, quando comparada a cultivar FUNDACEP 55.
- ✓. O arranjo de plantas apresenta influência direta na penetração de gotas de pulverização e também no rendimento de grãos da cultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L., MUNDSTOCK, C. M. O afilhamento em comunidades de cereais de estação fria é afetado pela qualidade de luz? **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n.3, p.511-519, jul./set.1998.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA 2003. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2003, 144 p.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3, 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2004, p. 48-51.

BALLARÉ, C. L.; SCOPEL, A. L.; SÁNCHEZ, R. A. Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield. **Hort Science**, St. Joseph, v. 30, n. 6, p. 1172-1181, Oct. 1995.

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 [*Glycine max* (L.) Merrill], em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Aelgre, v.21, n.2, p.245-296, jan./jun, 1985.

BARNI, N. A.; BERGAMASCHI, H. Técnicas culturais: alguns princípios técnicos para semeadura. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981, p. 476-480.

BEGONIA, G. B.; et al. Factors affecting leaf duration in soybean and maize. **Photosynthetica**, Praga, v. 21, p. 285, June/July 1987.

BODE, L.C. Spray application technology. In: Whorter, C.G.M.; Gebhardt, M.R. (eds.). **Methods of applying herbicides**. West Clark: WSSA, 1987, cap.6, p.85-110.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison v. 32, n. 1, p. 198-202, Jan. 1992.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; SAXTON, A. M. Narrowrow seed-yield enhancement indeterminate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.64-68, Jan./Feb.1990.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **Cultivares que fizeram a história da soja no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 106 p.

BRASIL. . Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Sul** . Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. **Crop Science**, Madison, v.38, n.4, p.1011-1016, July 1998.

CARVALHO, W. P. A. **Estudo comparativo entre métodos de amostragens de gotas para determinação de faixa de deposição nas aplicações de produtos líquidos**. 1995. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

CHAIM, A. Aperfeiçoamento de bico de pulverização eletrostática para geração de gotas com alto nível de carga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 463-470, abr. 1998.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. **How a soybean plant develops**. Ames : Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Manica; J. A. Costa, 1996, 233 p.

COSTA, J. A. et al. **Redução no espaçamento entre linhas e potencial de rendimento da soja**. Disponível em: http://www6.ufrgs.br/plantas/destaques/artigo_espac.htm. Acesso em 13 de janeiro de 2009.

CROSS, J. V.; BERRIE, A. M. Spray deposits and efficacy of a tunnel sprayer at three volume rates (50, 100, 200 L/ha) in comparison with an axial fan sprayer (50 L/ha) on apple. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PESTICIDE APPLICATION TECHNIQUES, 2., 1993, Strasbourg. **Proceedings...** Strasbourg: BCPC, 1993. p.273-280.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: TeeJet Soth América, 1999. 15 p. (Boletim Técnico BT-04/99).

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.325-32, abr./jun. 2003.

CUNHA, J. P. A. R. da. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, set./out, 2006.

DERKSEN, R. C.; SANDERSON, J. P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE** **39**. 1996. p. 5-9.

DUARTE, J. B., ZIMMERMANN, M. J. O. adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.1, p.25-32, jan. 1994.

ELMORE, R. **Crop Watch – News Service**. University of Nebraska Institute of Agriculture and Natural Resources Cooperative Extension.
[Http://cropwatch.unl.edu/archives/2004/crop04-5.htm](http://cropwatch.unl.edu/archives/2004/crop04-5.htm). Acesso em 10 de outubro de 2008.

EMBRAPA. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2006/2007**. 2006. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 176 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – Brasília: EMBRAPA Produção de Informações; RJ: EMBRAPA Solos, 1999. xxvi, 412 p.

EMBRAPA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2000.1 CDROM.

ETHREDGE, W. J.; ASHLEY, D. A.; WOODRUFF, J. M. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.6, p.947- 951, Nov./Dec. 1989.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 1977. 11 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIOMARI, B. R. et al. **Informações Agrônomicas**, n. 109. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. 28 p.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1992. p. 213-235.

GARCIA, L. C. et al. Avaliação da qualidade da aplicação de um fungicida em função do tipo de ponta de pulverização e do estágio de desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICO: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO AMBIENTE, 2., 2004, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Fealq. 2004. p. 243-246.

GAZZONI, D. L., MINOR, H. C. Efeito do desfolhamento artificial sobre o rendimento e os seus componentes. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1978, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: EMBRAPA/CNPS, 1978. p. 47-57.

GAZZONI, D. L., MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 411-424, abr. 1998.

GAUDÊNCIO, C. A. A. et al. **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 Técnico, 47).

GRYMES, C. F. et al. Soybean response to weed interference and defoliation. **Weed Science**, Ohio, v. 47, n. 1, p. 90-94, Jan./Feb. 1999.

GUPTA, C. P.; DUC, T. X. Deposition studies of a hand- held air-assisted electrostatic sprayer. **Transactions of the ASAE** 39(5). 1996.1633-1639.

HAILE, F.J. et al. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 3, p. 353-362, May 1998.

HAMMOND, R. B. et al. Simulated insect defoliation on soybean: influence of row width. **Journal of Economic Entomology**, Ohio, v. 93, n. 5, p. 1429-1436, Oct. 2000.

HANWAY, J. J. Interrelated developmental and biochemical, process in the growth of soybean plants. In: HILL, L.D., (ed). **World Soybean Research**. Danville: Interstate, 1976. p.5- 15,

HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University Cooperative Extension Service, 1971. 17 p. (Special Report, 53).

HEIFFIG, L. S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Piracicaba, v. 65, n. 2, p. 285-295, abr./jun. 2006.

HERBERT, S. J.; LITCHFIELD, G. V. Partitioning soybean seed yield components. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 5, p.1074- 1079, Sept.1982.

HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of economic entomology**, v. 62, n. 4, p. 919-925, July 1969.

KORNIS, N. D. Q. Gotas de ótimo efeito biológico – influência do vôo noturno no tamanho de partículas. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 79-86,

LIMBERGER, A.R. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função do tipo de ponta e do volume aplicado, na cultura do feijão**. 2006. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.1-12.

MADALOSSO, M. G. et al. **Tecnologia de aplicação & manejo cultural**: binômio da produção. UFSM. Santa Maria: UFSM, 2006. 5 p. (Informativo Técnico n. 24).

MAEHLER, A. R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MAROCHI, A I. **PR**: uso correto da tecnologia Roundup Ready® permite ganho de tempo. Disponível em http://www.paginarural.com.br/noticias_detalhes.php?id=92819. Publicado em 07 de julho de 2008 com acesso em 12 de janeiro de 2009.

MATUO, T. Situação atual da pesquisa em tecnologia de aplicação – Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROQUÍMICOS, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1997. p. 77-80.

MATUO, T. et al. **Tecnologia de aplicação e equipamentos**. Brasília, ABEAS; Viçosa, UFV; 2001. 86 p.

MAYSE, M. A. Effects of spacing between rows on soybean arthropod populations. **Journal of Applied Ecology**, v. 15, n. 2, p. 439-450, May 1978.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide applications methods**. Singapore: Longman, 1992. 405 p.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection**. Trowbridge: CAB International, 1993. Pg. 101-122.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria de Agricultura. Diretoria de terras e colonização, seção de geografia, 1961. 43 p.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.

McNICHOL, A. Z.; TESKE, M. E.; BARRY, J. W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.40, n.6, p.1529-1536, Nov./Dec. 1997.

OZEKI, Y.; KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea – Aspectos práticos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. H. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78.

PARCIANELLO, G. **Tolerância da soja ao desfolhamento em função da redução do espaçamento entre fileiras**. 2002. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantio**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PEIXOTO; C. P. et al. Épocas e densidade de plantas de soja: I. Componentes de produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89-96, jan./mar. 2000.

PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 41. n. 1, p. 5-11, jan./jun. 1989.

PIRES, J. L.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 183-188, abr.1998.

PIRES, J. L. F. et al. Efeitos de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 35, n. 8, p.1541-1547, ago. 2000.

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 33, n. 3, p. 405-411, maio/jun. 2003.

RAMBO, L; et al. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 34, n. 1, p. 33-40, jan-fev, 2004.

RAMOS, H. H. et al. Acurácia de um programa de computador na determinação de parâmetros da pulverização sobre papéis hidrossensíveis. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3. Botucatu. **Anais...** Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, 2004. p. 1-4.

REIS, M. S. et al. Efeito do espaçamento e da densidade de plantio sobre a variedade de soja UFV-1 no Triângulo Mineiro. **Revista Ceres**, Viçosa v. 24, n. 134, p. 412-419, jan./fev. 1977.

RIBEIRO, A. L. de P; COSTA, E. C. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar br 16, no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 767-771, set./out. 2000.

RUBIN, S. de A.L. Comportamento da cultivar "FEPAGRO-RS 10" em seis densidades de semeadura ano planalto médio riograndense. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25., 1997, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA, 1997. p.187.

SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison. v. 59, n. 2, p. 155-159, Jan./Feb. 1967.

SALVADORI, J. R., CORSEUIL, E. Efeito de quatro níveis de desfolha aplicados em quatro estádios de desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) MERRILL), na produção de grãos. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.15, n.1, p.91- 101, jan./mar. 1979.

SANTOS, J. M. F. **Aviação agrícola - Manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos**. São Paulo: Rhodia Agro. 1992.100 p.

SÁNCHEZ, R. A. et al. Plant responses to canopy density mediated by photomorphogenic processes. **International.Crop Science**. Madison, v. 33, n. 4 , p. 779-786, July 1993.

SANTOS, J. M. F. dos. Dinâmica de Deposição de Gotas. In: _____. **Manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos**. Piracicaba: Ed: AgrEvo, 1998. p.10-12,

SHIBLES, R. M., WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 3, p. 575-577, Nov./Dec. 1965.

STORCK, L., LOPES, S.J.; LÚCIO, A. D. C. **Experimentação II**. 2. ed. Santa Maria UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2004. 205 p.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (ASAE Paper, n.99-1156).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed, Porto Alegre, Artmed, 2004. 719 p.

TOURINO, M. C. C.; Rezende, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p.1071-1077, ago. 2002.

TURNIPSEED, S.G. Response of soybeans to foliage losses in South Carolina. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 65, n. 1, p. 224-229, Jan./Mar.1972.

UDOGUCHI, A., McCLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil in Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v. 46, p.75-79, 1987.

VENTIMIGLIA, L. A. et al. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p.195-199, fev.1999.

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

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

ANEXOS

ANEXO 1 – Características fenológicas e recomendações das cultivares FUNDACEP 55 RR e BRS 243 RR. Santa Maria, RS - 2008.

Descrição	FUNDACEP 55 RR	BRS 243 RR
Cor da Flor	Branca	Branca
Cor da Vagem c/pubescência	Marrom avermelhada	Marrom
Nº de dias até a floração	56 dias	49
Nº de dias até a maturação	131 dias	123 dias
Hábito de crescimento	Determinado	Determinado
Inserção da 1ª vagem	14 cm	-
Altura da planta	78 cm	78 cm
Acamamento	Moderadamente tolerante	Resistente
Peso de 100 sementes	13,3 g	12,6 g
Cor do hilo	Marrom fosco	Marrom
Reação às doenças		
Oídio	Tolerante	Moderadamente suscetível
Crestamento Bacteriano	Moderadamente tolerante	Suscetível
Cancro da Haste	Resistente	Resistente
Podridão Parda da Haste	-	Resistente
Nematóide de Galha e Cisto	Suscetível	Suscetível
Doenças de Final de Ciclo	Moderadamente tolerante	-
Recomendações de Cultivo		
Semeadura	28/10 a 16/12	11/10 a 20/12
Exigência em Fertilidade	-	-
População de Plantas (plantas/ha)	280.000 a 300.000	350.000 a 400.000
Espaçamento entre linhas	-	40 a 50 cm
Rendimento médio de Grãos	2478 kg ha ⁻¹	3041 kg ha ⁻¹

Fonte: 1. Informativo FUNDACEP, ANO XII, Nº 05, JUN/2005.
2. Informativo EMBRAPA, Cv. BRS 243 RR.

ANEXO 2 – Descrição dos estádios de desenvolvimento da soja. Santa Maria, RS – 2009/08.

Simbologia	Descrição
I Fase Vegetativa	
VC	Da emergência a cotilédones abertos.
V1	Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas.
V2	Segundo nó; primeiro trifólio aberto.
V3	Terceiro nó, segundo trifólio aberto.
Vn	Último nó com trifólio aberto, antes da floração.
II Fase Reprodutiva (observação na haste principal)	
R1	Início da floração até 50% das plantas com uma flor.
R2	Floração plena. Maioria dos racemos com flores abertas.
R3	Final da floração. Vagens com até 1,5 cm de comprimento.
R4	Maioria das vagens no terço superior com 2-4 cm, sem grãos perceptíveis.
R5.1	Grãos perceptíveis ao tato a 10% de granação.
R5.2	Maioria das vagens com granação de 10 a 25%.
R5.3	Maioria das vagens entre 25 e 50% de granação.
R5.4	Maioria das vagens entre 50 e 75% de granação.
R5.5	Maioria das vagens entre 75 e 100% de granação.
R6	Vagens com granação de 100% e folhas verdes.
R7.1	Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
R7.2	Entre 51 e 75% de folhas e vagens amarelas.
R7.3	Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
R8.1	Início a 50% de desfolha.
R8.2	Mais de 50% de desfolha pré-colheita.
R9	Ponto de maturação de colheita.

Fonte: Hitchie, S.W. et al. **How a soybean plant develops.** Ames: Iowa State University of Science And Technology Cooperative Extension Service. Special Report, 53, mar. 1994. (Adaptado por J. T. Yorinori (1996)).