

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**AUMENTO DO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA COM O MANEJO DE
PLANTAS DANINHAS E ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS**

Luis Artur Tonelotto Saraiva
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos
requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil.
Maio de 2004

"Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas. Se você se conhece, mas não conhece o inimigo, para cada vitória ganha sofrerá uma derrota. Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo, perderá todas as batalhas..."

SUN TZU
(A arte da guerra)

DEDICATÓRIA

*"Aos meus pais, **Manoel Luiz e Madilei**, pelos ensinamentos (honestidade, sinceridade e simplicidade) que levarei para minha vida, e pelo esforço, dedicação e incentivo para minha formação, realização do curso de pós-graduação e para sempre seguir em frente."*

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela benção e proteção em todos os momentos.

Ao Prof. José Antonio Costa pela amizade, confiança e orientação.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

Às minhas irmãs, Marialva e Briane, pelo apoio e pensamento positivo.

Aos professores, do Departamento de Plantas de Lavoura e do Programa de Pós-Graduação, que contribuíram para minha formação.

Aos colegas de orientação e pós-graduação, Tatiana Brum Fontoura, Daniel Fagundes Sperb, Ézio Itamar Gubiani, Gustavo Cantori Hernandez, Naracelis Poletto e Mário Antônio Bianchi, pelo companheirismo e colaboração.

Aos estudantes Guilherme Fernandes Cauduro, Thaís Fernanda Stella de Freitas, Lucas Di Napoli e Marcos D'Ávila, pela ajuda na realização das determinações de campo.

Aos funcionários da EEA/UFRGS, Miguel, Adriano, Paulo e Arlindo (Tio Ali), pela ajuda na realização do experimento.

À Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa (Fundacep Fecotrig) pelo fornecimento das sementes da cultivar Fundacep 39, e a Seção de Microbiologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO/RS), pelo inoculante.

AUMENTO DO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA COM O MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS.^{1/}

Autor: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Orientador: José Antonio Costa

RESUMO

A utilização de práticas de manejo indicadas e a implementação de novas técnicas de cultivo são necessárias para potencializar o desempenho da soja em busca de rendimentos elevados. Os objetivos desse trabalho foram determinar o potencial de rendimento, rendimento de grãos, componentes do rendimento e variáveis associadas ao crescimento da soja, sob interferência de plantas daninhas, modificação do arranjo de plantas, em níveis de adubação. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola 2002/2003. O delineamento experimental utilizado blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram de manejo de plantas daninhas (com e sem controle), espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm) e níveis de adubação (sem adubação, metade da indicação e a dose indicada). O potencial de rendimento foi determinado a partir da contagem do número de flores em R2 e legumes em R5, que não mostrou diferença entre os fatores analisados. O rendimento médio de grãos foi de 4.058 kg.ha⁻¹, sendo influenciado pelo manejo de plantas daninhas e espaçamento entre fileiras. Os componentes do rendimento apresentaram comportamento diferenciado dentro do manejo de plantas daninhas e espaçamento entre fileiras, onde se destacou o número de legumes por área como o componente que influencia diretamente o rendimento de grãos. As variáveis de crescimento, índice de área foliar, no estágio V9, matéria seca em R5, taxa de crescimento da cultura no subperíodo R2-R5, índice de colheita aparente e taxa de enchimento de grãos, em R8, se mostraram maiores no espaçamento reduzido em relação ao espaçamento amplo.

^{1/} Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (79p.) Maio, 2004.

SOYBEAN GRAIN YIELD INCREASE WITH WEED MANAGEMENT AND ROW SPACING.^{1/}

Author: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Adviser: José Antonio Costa

ABSTRACT

The recommended management practices and the implementation of new cultivation techniques are necessary for the potencialization of the soybean performance, in search of high yield. The objectives of this work were to determine the yield potential, grain yield, yield components and variables associated with soybean growth, with weed interference, plant arrangement and fertility levels. The experiment was performed at the Estação Experimental Agronomica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), in Eldorado do Sul, RS, in the agricultural year 2002/2003. The experimental design was randomized complete block, in a split split-plot, and four replications. The treatments were weed management (with and without control), row spacings (20 and 40 cm), and fertility levels (without fertilization, half of the indication and the indicated fertilization). The yield potential was determined by the flower number in R2 and pods in R5, without difference among treatments. The average grain yield was 4.058 kg.ha⁻¹, being influenced by weed management and row spacing. The yield components performed differently for weed management and row spacing, where pod number per area was the most important component for yield determination. The growth variables, leaf area index, in the stage V9, dry matter in R5, crop growth rate in the period R2-R5, apparent harvest index and grain filling rate in R8, had higher value in the row spacing of 20 cm.

^{1/} Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (79p.) May, 2004.

SUMÁRIO

	Página
RELAÇÃO DE TABELAS.....	ix
RELAÇÃO DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I - Alteração no crescimento e rendimento de grãos da soja com manejo de plantas daninhas, arranjo espacial e adubação.....	8
1.1. Resumo.....	8
1.2. Abstract.....	9
1.3. Introdução.....	10
1.4. Material e Métodos.....	11
1.5. Resultados e Discussão.....	16
1.6. Conclusões.....	32
CAPÍTULO II - Potencial de rendimento e rendimento de grãos da soja em função da competição interespecífica, arranjo de plantas e adubação.....	34
2.1. Resumo.....	34
2.2. Abstract.....	35
2.3. Introdução.....	36
2.4. Material e Métodos.....	38
2.5. Resultados e Discussão.....	39
2.6. Conclusões.....	49
CAPÍTULO III - Rendimento de grãos e modificações nos componentes do rendimento da soja por efeito do controle de plantas daninhas, arranjo de plantas e adubação.....	51
3.1. Resumo.....	51
3.2. Abstract.....	52
3.3. Introdução.....	53
3.4. Material e Métodos.....	54
3.5. Resultados e Discussão.....	55
3.6. Conclusões.....	69
CONCLUSÕES GERAIS.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
VITA.....	79

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1.1. Rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cultivar de soja Fundacep 39 em dois manejos de plantas daninhas e dois espaçamentos entre fileiras, na média de três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	21
1.2. Estatura de plantas (cm) da cultivar de soja Fundacep 39 em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	22
1.3. Massa seca de plantas daninhas ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) em R8, em dois manejos de plantas daninhas e dois espaçamentos entre fileiras, na média de três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	24
1.4. Rendimento biológico aparente (RBa) em R8*, índice de colheita aparente (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG) da soja em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	26
1.5. Estatura de plantas (cm) da cultivar de soja Fundacep 39 em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	28
1.6. Rendimento biológico aparente (RBa) em R8, índice de colheita aparente (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG) da soja em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	32
2.1. Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja Fundacep 39, nos estádios fenológicos R2, R5 e R8, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	41

2.2.	Número de legumes férteis por m ² da cultivar de soja Fundacep 39, em R8*, no caule, ramos e na planta inteira, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	43
2.3.	Número de grãos por legume em caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja Fundacep 39, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	44
2.4.	Peso médio (g) de 100 grãos, a 13% de umidade, em legumes férteis no caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja Fundacep 39, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	45
2.5.	Número de legumes férteis por m ² da cultivar de soja Fundacep 39, no caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	47
2.6.	Número de grãos por legume da cultivar de soja Fundacep 39, em caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	48
2.7.	Número de legumes férteis por m ² da cultivar de soja Fundacep 39, no caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	48
3.1.	Número de legumes férteis por m ² com um, dois e três grãos e totais da cultivar de soja Fundacep 39, em R8**, no caule, ramos e na planta inteira, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	57
3.2.	Peso de 100 grãos (g), a 13% de umidade, de legumes com um, dois e três grãos no caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja Fundacep 39, em R8**, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	59

3.3.	Rendimento de grãos de soja da cultivar Fundacep 39 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) calculado em caule, ramos e na planta inteira, a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos) em legumes com um, dois e três grãos, no estádio R8*, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	60
3.4.	Componentes do rendimento e rendimento de grãos calculado de soja da cultivar Fundacep 39, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	61
3.5.	Comparação entre os rendimentos de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de soja da cultivar Fundacep 39, calculados a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos, em legumes com um, dois e três grãos) (Tabelas 3.3 e 3.4) e o rendimento da parcela (Tabela 1.1 - Capítulo I), em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	62
3.6.	Número de nós férteis em caule e ramos, número de ramos e nós por ramo da cultivar de soja Fundacep 39, no estádio R8*, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	63
3.7.	Número de legumes férteis por m^2 com um, dois, três grãos e totais de soja da cultivar Fundacep 39, em caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	65
3.8.	Rendimento de grãos de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cultivar Fundacep 39, calculado a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos) em legumes com um, dois e três grãos, no caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	66
3.9.	Componentes do rendimento e rendimento de grãos de soja calculado, da cultivar Fundacep 39, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	67

- 3.10. Comparação entre os rendimentos de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) calculados a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos, em legumes com um, dois e três grãos) (Tabela 3.8 e 3.9) e o rendimento da parcela (Tabela 1.1 - Capítulo I), em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003..... 68
- 3.11. Número de nós férteis em caule e ramos, número de ramos e nós por ramo da cultivar Fundacep 39, no estágio R8*, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003..... 68

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1.1. Precipitação pluvial e temperaturas médias de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2002/2003, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	17
1.2. Radiação solar global ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) média de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2002/2003, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	18
1.3. Balanço hídrico sem considerar a irrigação (A) e considerando a irrigação (B), segundo Thorntwaite e Mather (Cunha, 1992), para capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	19
1.4. Índice de área foliar (IAF) de soja, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	22
1.5. Massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da soja, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	24
1.6. Taxa de crescimento da cultura da soja (TCC) ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	26
1.7. Índice de área foliar (IAF) de soja em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	28

1.8.	Massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da soja em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	30
1.9.	Taxa de crescimento da cultura da soja (TCC) ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	31
2.1.	Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja Fundacep 39, em três estádios de desenvolvimento, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	40
2.2.	Estimativa do potencial de rendimento da soja em três estádios de desenvolvimento, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	41
2.3.	Rendimento de grãos da soja em R8, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	45
2.4.	Estimativa do potencial de rendimento e rendimento de grãos da soja, em três estádios de desenvolvimento, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.....	47

INTRODUÇÃO GERAL

Para obter respostas satisfatórias dos cultivos se faz necessário utilizar técnicas avançadas com o objetivo de alcançar rendimentos elevados. Na soja, para a obtenção de rendimentos próximos do potencial, é necessário que o planejamento da lavoura seja repensado. Fatores múltiplos interferem na capacidade assimilatória da planta e a eficiência metabólica dos processos que determinam o rendimento de grãos, aumentam a complexidade da tarefa de maximizar as respostas.

Dentre esses fatores estão a quantidade de radiação incidente, que depende da posição geográfica de cada região produtora, de sua latitude e altitude, a disponibilidade de água no solo, a aplicação de adubos químicos, principalmente fósforo e potássio, a correção do solo, a inoculação das sementes para que as bactérias fixadoras supram a soja do nitrogênio necessário para seu crescimento, o tratamento de sementes que auxiliará no estande inicial da lavoura, minorando problemas de ataque de doenças e pragas de solo, e o controle de plantas daninhas que competem com a soja pelos recursos do meio como água, nutrientes e luz (Gardner et al., 1985; Evans, 1993; Evans & Fischer, 1999).

O nitrogênio (N) é o nutriente que a soja necessita em maior quantidade, número esse que pode chegar a 115 kg N por tonelada de grãos produzidos. A eficiência do processo de fixação simbiótica depende de vários

fatores: radiação solar, de solo (temperatura, umidade), genéticos e nutricionais, ligados a planta e às bactérias fixadoras. De um modo geral, qualquer fator que afete positivamente a planta de soja, também afetará de forma semelhante à fixação biológica de N. O aperfeiçoamento da aplicação de inoculantes, garantindo maior população da bactéria nas sementes, é indispensável para aumentar a nodulação nas raízes principais da soja, onde os nódulos são mais eficientes (Rubin et al., 1995).

O fósforo (P) tem papel fundamental na fisiologia da planta com participação nos compostos ricos em energia, possuindo função de armazenamento e transferência de elétrons na fotossíntese, além da estrutural, o que se refletirá em rendimento. Ventimiglia et al. (1999) avaliaram os efeitos do teor de P presente no solo sobre o potencial de rendimento de grãos de soja. Demonstraram que com 15 mg l⁻¹ de P foram alcançados os maiores rendimentos, independente do estágio fenológico avaliado, quando comparado a 3 mg l⁻¹ de P. Afirmaram, ainda, que no teor de 15 mg l⁻¹ de P, se todas as flores obtidas em R2 alcançassem o estágio R8, o rendimento poderia alcançar 18,0 t.ha⁻¹, concluindo que a deficiência de P diminui o potencial de rendimento de grãos da soja nos estádios reprodutivos.

O potássio (K) tem funções como ativação de enzimas, participação no metabolismo, e regulação da abertura e fechamento dos estômatos. Quando em deficiência, o transporte de carboidratos produzidos na folha para outros órgãos não se faz de modo adequado, além de translocar dos órgãos mais velhos para os mais jovens, quando em carência, essa má redistribuição de fotoassimilados pode provocar perdas de rendimento.

Outro fator importante que limita e provoca prejuízos econômicos são as plantas daninhas presentes em áreas cultivadas com soja, que dificultam os trabalhos de colheita, infestando os produtos colhidos, ou ainda diminuindo a produção devido à competição com a planta cultivada por água, luz e nutriente, o que demonstra a grande habilidade competitiva e exploração eficiente dos ambientes (Pitelli, 1981). As pesquisas iniciais nesta área procuraram investigar a interferência exercida por tais espécies sobre a soja e suas conseqüências, iniciando-se a partir de então uma série de estudos versando sobre o relacionamento entre a soja e plantas daninhas nas condições brasileiras. No processo de interferência, além da competição, aparece também o denominado efeito alelopático, processo em que espécies vegetais liberam substâncias químicas capazes de influenciar negativamente na germinação e/ou no crescimento das plantas de soja (Stoller et al., 1987; Fleck & Candemil, 1995).

Os prejuízos ocasionados pela interferência podem ser tanto quantitativos como qualitativos, sendo o principal deles a redução causada no rendimento de grãos que pode atingir níveis de até 90%, se não for adotada nenhuma medida de controle (Blanco et al., 1973). Várias investigações têm demonstrado que áreas infestadas com plantas daninhas provocam diminuição nos rendimentos dos cultivos (Blackman & Templeman, 1938; Burrows & Olson, 1955; Voll et al., 2004).

A interferência de plantas daninhas pode influenciar características agronômicas, como a estatura das plantas de soja, número de ramos e também nos componentes do rendimento, como no número de legumes por área e de grãos por legume (Knake & Slife, 1962). Também pode ocorrer redução no número de nós no caule e no índice de área foliar (Hagood et al., 1980). É

importante ressaltar que várias das características afetadas acabam por comprometer o rendimento de grãos da cultura.

Além desses efeitos, as plantas daninhas também podem servir de hospedeiras de pragas, moléstias e nematóides, dificultando o controle desses organismos na cultura (Ferraz, 1985; Voll et al., 2004). A presença das plantas daninhas nas lavouras pode encarecer as práticas culturais, inclusive dificultar ou mesmo inviabilizar a colheita, e ainda provocar maior desgaste nos equipamentos, além de contaminar os grãos com a presença de sementes indesejáveis e até tóxicas, fato que inviabilizaria o seu uso na alimentação animal (Stoller et al., 1987).

Conhecer os prejuízos provocados pela presença das plantas daninhas constitui-se em fato da maior importância. É essencial que se determine a real extensão desses prejuízos ao rendimento de grãos da soja. Nem sempre o ganho de rendimento obtido com a eliminação destas espécies justifica as medidas de controle adotadas. Em diversas situações, a soja poderá conviver com algumas dessas espécies com pequena redução no rendimento, graças à habilidade competitiva que apresenta (Staniforth & Weber, 1956).

A influência negativa de plantas daninhas sobre o rendimento de grãos quanto ao aspecto global de interferência pode ser observada em vários trabalhos (Staniforth & Weber, 1956; Blanco et al., 1973; Stoller et al., 1987; Voll et al., 2004). É necessário que se conheça as classes de plantas daninhas dominantes, se monocotiledôneas (gramíneas) ou dicotiledôneas. Esses mesmos autores, em estudos realizados em regiões de clima temperado, afirmam que as espécies dicotiledôneas prejudicam mais o rendimento de grãos pelo fato de concorrerem pelos mesmos nutrientes e por serem mais agressivas nessas condições de

ambiente. Porém, Blanco et al. (1973) mostraram que as gramíneas prejudicam mais a soja, pois ao se desenvolverem com grande rapidez, essas plantas daninhas são capazes de extrair do solo grandes quantidades de nutrientes em relação às espécies dicotiledôneas. Podem, ainda, provocar o acamamento da cultura, reduzindo mais o rendimento de grãos.

A falta de melhor conhecimento do período crítico de interferência é o que impede o desenvolvimento de um programa de controle às plantas daninhas na época adequada. Trabalhos nesse sentido foram conduzidos para determinar qual o período no qual a soja deve ficar livre de competição interespecífica. A eliminação das plantas daninhas até o momento em que a soja, desenvolvida o suficiente, sombreie o solo impedindo o desenvolvimento das mesmas, constitui-se na prática de maior importância. Para isso é necessário que a lavoura de soja se desenvolva na ausência de plantas daninhas nos primeiros 45 a 50 dias após a emergência (Blanco et al., 1973). Além dos métodos químico e mecânico de controle de plantas daninhas, pode ser utilizado o controle cultural que consiste no aproveitamento das próprias características ecológicas da cultura e das plantas daninhas, de tal forma que a primeira se beneficie da competição (Ruedell et al., 1981). Isso pode ser obtido, por exemplo, com um arranjo adequado de plantas de soja na área de cultivo.

Diversas pesquisas estão direcionadas à mudança do arranjo de plantas, ou seja, a redução do espaçamento entre fileiras, mantendo-se ou não a mesma população de plantas por unidade de área, propiciando maiores rendimentos, devido ao aproveitamento mais eficiente da radiação solar, água e dos nutrientes, e menor infestação de plantas daninhas por meio do fechamento mais rápido do dossel (Burnside & Colville, 1964; Wax & Pendleton, 1968; Kust &

Smith, 1969; Melhorança & Mesquita, 1982; Pires et al., 1998; Thomas et al., 1998). Lunin & Gallatin (1960) afirmam que o espaçamento de 20 cm entre fileiras é uma prática de manejo eficiente, pois as plantas daninhas que emergirem mais tardiamente serão controladas pelo sombreamento proporcionado pelas plantas de soja dispostas em fileiras menos espaçadas. Estudos mencionam que a melhor forma de avaliar essa infestação de plantas daninhas, com maior precisão, é por meio da determinação do peso da matéria seca das mesmas.

Melhorança & Mesquita (1982) comprovaram que, à medida que o espaçamento entre fileiras foi reduzido houve incremento no rendimento de grãos de soja, independente da época de semeadura. Demonstraram, também, que o espaçamento não afeta a duração dos subperíodos emergência à floração e emergência à maturação. Marques & Lin (1982) também alcançaram maiores rendimentos à medida que o espaçamento entre fileiras foi reduzido, considerando-se a mesma população por unidade de área houve incremento de 30% no rendimento com a redução de 60 para 30 cm entre fileiras. Pires et al. (1998) verificaram que a redução no espaçamento incrementou o rendimento de grãos de soja, afetando os componentes que determinam o potencial de rendimento e o rendimento de grãos. A matéria seca e o índice de área foliar foram maiores no estágio fenológico V6, à medida que diminuiu-se o espaçamento entre fileiras. Outros autores afirmam que a redução do espaçamento entre fileiras aumenta o rendimento de grãos como resultado da melhor distribuição espacial das plantas na área.

Trabalhos com redução de espaçamento verificaram que à medida que decresceu o espaçamento entre fileiras de plantas de soja diminuiu o peso da matéria seca das plantas daninhas. Portanto, a soja parece competir melhor com

plantas daninhas quando semeada em espaçamentos entre fileiras menores, numa população fixa de plantas por unidade de área. A utilização de novas tecnologias implica em técnicas e insumos específicos que proporcionem aumentos de rendimento ou redução de perdas.

O presente trabalho teve por objetivos determinar o potencial de rendimento, rendimento de grãos, componentes do rendimento e variáveis associadas ao crescimento da soja, sob interferência de plantas daninhas, modificação do arranjo de plantas, em níveis de adubação.

CAPÍTULO I

ALTERAÇÃO NO CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA COM MANEJO DE PLANTAS DANINHAS, ARRANJO ESPACIAL E ADUBAÇÃO.^{1/}

Autor: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Orientador: José Antonio Costa

1.1. RESUMO

A análise de crescimento é uma ferramenta importante para avaliar o efeito de práticas de manejo sobre as plantas e sua capacidade produtiva, durante o ciclo de desenvolvimento. O objetivo desse trabalho foi determinar o efeito da competição com plantas daninhas e do arranjo de plantas sobre o crescimento e o rendimento de grãos da soja, em níveis de adubação. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola 2002/2003. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas, e quatro repetições. Os tratamentos constaram de dois manejos de plantas daninhas (com e sem controle), dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm), e três níveis de adubação (sem adubação, metade da indicação e a dose indicada). Para avaliação do índice de área foliar (IAF), massa seca (MS) e taxa de crescimento da cultura (TCC) foram efetuadas coletas de dez plantas, em cada sub-subparcela, nos estádios V9 (nono nó), R2 (florescimento pleno) e R5 (início do enchimento de grãos). Em R8 (maturação), a amostra coletada serviu para determinação do rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita aparente (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG). Os tratamentos de manejo de plantas daninhas e níveis de adubação não apresentaram diferença significativa para as variáveis analisadas. O espaçamento entre fileiras de 20 cm apresentou maior IAF, no estádio V9, MS em R5, e TCC no subperíodo R2-R5. Em R8, o ICa e TEG também mostraram-se maiores no espaçamento de 20 cm, o que se refletiu em maior rendimento de grãos, 4.213 kg.ha⁻¹ do que o espaçamento de 40 cm (3.902 kg.ha⁻¹). Os tratamentos com e sem controle de plantas daninhas renderam 4.200 kg.ha⁻¹ e 3.916 kg.ha⁻¹, respectivamente.

^{1/} Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (79p.) Maio, 2004.

ALTERATION IN GROWTH AND GRAIN YIELD OF SOYBEAN WITH WEED MANAGEMENT, PLANT ARRANGEMENT AND FERTILIZATION.^{1/}

Author: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Adviser: José Antonio Costa

1.2. ABSTRACT

The growth analysis is an important tool to evaluate the effect of management practices and the productive capacity of plants during the growing season. The objective of this work was to determine the effect of weed competition and plant arrangement on the growth and grain yield of soybeans, in fertility levels. The experiment was performed at the Estação Experimental Agronômica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), in Eldorado do Sul, RS, during the growing season 2002/2003. The experimental design was a randomized complete block, in a split split-plot, and four replications. The treatments were weed management (with and without control), row spacing (20 and 40 cm), and fertility levels (without fertilization, half of the indication and the indication). For the evaluation of the leaf area index (LAI), dry matter (DM), and crop growth rate (CGR) ten plants were collected in each replication, in the stage V9 (ninth node), R2 (flowering) and R5 (beginning of pod filling). In R8 (maturity), was determined the apparent biological yield (ABY), apparent harvest index (AHI) and grain filling rate (GFR). The treatments of weed management and fertility levels were not statistically different for the variables analyzed. The 20 cm row spacing had higher LAI, in the stage V9, DM in R5, and CGR in the period R2-R5. In R8, the AHI and GFR were also higher in the narrow row spacing, what reflected in grain yield increase, 4.213 kg.ha⁻¹ than row spacing of 40 cm (3.902 kg.ha⁻¹). The treatments with and without weed control yielded 4.200 kg.ha⁻¹ and 3.916 kg.ha⁻¹, respectively.

^{1/} Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (79p.) May, 2004.

1.3. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento vegetativo inicial da soja é muito importante para que recursos essenciais ao crescimento da planta como água, luz e nutrientes sejam utilizados de forma a maximizar os processos fisiológicos responsáveis pelo desempenho da cultura, o que propiciará locais de frutificação suficientes para alcançar rendimentos de grãos elevados.

Alta e rápida produção de área foliar permite que a interceptação da radiação seja maior e ocorra mais cedo, pois diminuirá o tempo para o fechamento do espaço entre fileiras, fazendo com que a cultura alcance mais rapidamente o índice de área foliar crítico (IAF), correspondendo a 95% de interceptação da radiação (Boote & Tollenaar, 1994).

A utilização de práticas de manejo que maximizem o desenvolvimento do aparato fotossintético contribui para que se tenha equilíbrio entre os fotoassimilados produzidos e utilizados pela planta. Essa é a característica da relação fonte-demanda onde as folhas são responsáveis pela produção dos fotoassimilados (fonte) e a demanda é representada pelos pontos de crescimento vegetativo e pelas estruturas reprodutivas (Portes, 1988).

Práticas de manejo como o espaçamento entre fileiras, competição com plantas daninhas, fertilidade do solo, cultivares, época de semeadura, população de plantas, e suas interações podem alterar o comportamento da comunidade de plantas modificando o crescimento vegetativo e tendo reflexos diretos no rendimento de grãos da soja.

O estabelecimento rápido da parte aérea da planta, durante o estágio vegetativo, permite melhor aproveitamento dos recursos do meio, além de possibilitar que a cultura aumente sua capacidade competitiva com plantas

daninhas, o que poderá beneficiar diretamente a taxa de crescimento da cultura (TCC), o rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita aparente (ICa) e a taxa de enchimento de grãos (TEG), que são responsáveis pela massa seca acumulada pela planta e pelo rendimento de grãos.

O estudo dessas variáveis é fundamental para a determinação do comportamento da cultura a campo em diferentes situações, já que o crescimento da soja, promovendo estrutura e desenvolvimento de planta é importante para o acúmulo de produtos da fotossíntese que posteriormente serão translocados aos grãos.

Esse trabalho teve por objetivos determinar o efeito da competição com plantas daninhas e do arranjo de plantas sobre o crescimento e o rendimento de grãos da soja, em níveis de adubação.

1.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada na região fisiográfica da Depressão Central, município de Eldorado do Sul, distante 60 km de Porto Alegre, RS, no ano agrícola 2002/2003. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, pertence à variedade específica "Cfa", que corresponde à subtropical úmido com verão quente (Ipagro, 1979). A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm, apresentando, freqüentemente problemas de deficiência hídrica nos meses de novembro a março (Bergamaschi et al., 2003).

O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 1999). Os solos pertencentes a esta unidade, em sua maioria, são profundos, bem

drenados, de coloração avermelhada, textura franco-argilosa com cascalhos, desenvolvidos a partir de granito. As principais características do solo da área experimental foram: argila = 36%; pH = 5,4; índice SMP = 6,0; P = 28 mg.l⁻¹; K = 169 mg.l⁻¹; M.O. = 2,1%; Al = 0,3 cmol_c.l⁻¹; CTC = 8,2 cmol_c.l⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Como tratamentos utilizou-se dois manejos de plantas daninhas (com e sem controle), locados nas parcelas principais; dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm), testados nas subparcelas; e três níveis de adubação, na base de fósforo (P) e potássio (K) (fertilidade atual - sem adubação; metade da adubação indicada; e a adubação indicada), arranjados nas sub-subparcelas. As sub-subparcelas experimentais possuíam dimensão de 1,6x6m, considerando-se como bordadura uma fileira em cada extremidade lateral e 0,5m em cada cabeceira.

A cultivar utilizada foi a Fundacep 39, apresentando as seguintes características: origem = Fundacep-Fecotrigo; genealogia = Hartwig/FT Abyara x OC 88233; ano de indicação = 2001; ciclo = médio (140 dias); peso de 100 grãos = 15,7g; resistente às doenças podridão parda da haste, cancro da haste e oídio (REUNIÃO...,2003).

O experimento foi instalado em semeadura direta, com cobertura de 5,1 t.ha⁻¹ de matéria seca de aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca (*Vicia sativa*) no início do trabalho. A indicação de adubação, conforme a Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos - ROLAS (Bartz et al., 1994) baseada na análise de solo, mostrou a necessidade de 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 90 kg.ha⁻¹ de K₂O, para obtenção de rendimentos de grãos maiores que 3.000 kg.ha⁻¹. Para atender a

indicação foram aplicados à lanço, após a emergência das plântulas, 146 kg.ha^{-1} de superfosfato triplo (41% P_2O_5) e 155 kg.ha^{-1} de cloreto de potássio (58% K_2O).

Antecedendo a semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Captan (118 g i.a./100 kg de sementes) e inoculadas com estirpes específicas de *Bradyrhizobium japonicum* em meio turfoso, provenientes da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO/RS). A inoculação foi efetuada de acordo com a metodologia proposta na XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (REUNIÃO...,2003).

A semeadura da soja foi realizada em 14/11/2002, dentro da época indicada preferencial, com semeadora de parcelas, regulada para distribuir as sementes nos espaçamentos desejados (20 e 40 cm). Em 03/12/2002, 13 dias após emergência (20/11/2002), quando as plantas estavam no estágio V2 (segundo nó, de acordo com Costa & Marchezan, 1982) realizou-se a contagem das plantas na área, ajustando a população para 30 plantas por m^2 , e a marcação de dez plantas por sub-subparcela.

No tratamento sem controle de plantas daninhas, a infestação foi natural, ou seja, não houve semeadura de daninhas, deixando-se que as mesmas se desenvolvessem espontaneamente. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação tratorizada dos herbicidas clethodim (240 g.ha^{-1}) em 03/12/2002, imazethapyr + bentazon ($100 \text{ g.ha}^{-1} + 600 \text{ g.ha}^{-1}$) em 19/12/2002, e fluazifop-p-butyl + fomesafen ($125 \text{ g.ha}^{-1} + 125 \text{ g.ha}^{-1}$) em 17/01/2003, ambos com adição de óleo mineral à 0,5%. Para o controle de pragas foi utilizado o produto endossulfam (500 g.ha^{-1}) para controle de lagartas (*Anticarsia gemmatalis*) e percevejo verde (*Nezara viridula*), com aplicações em 28/11/2002, 09/01/2003, 03/02/2003 e 13/03/2003.

O experimento foi conduzido com suplementação hídrica, a fim de manter os níveis de umidade do solo adequados para o crescimento da cultura e obtenção de rendimento elevado. Para a irrigação utilizou-se aspersores fixos, tipo rotativo de dois bocais, com diâmetro de irrigação efetivo de doze metros e vazão média de 10 mm.h^{-1} .

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir dos boletins de observações realizadas na Estação Agrometeorológica da EEA/UFRGS. Foram utilizados os registros de temperatura, radiação solar, precipitação e calculado o balanço hídrico do período em que o experimento foi conduzido.

A caracterização dos estádios de desenvolvimento da soja foi realizada baseando-se na escala proposta por Costa & Marchezan (1982). Considerou-se que a população de cada sub-subparcela estava em determinado estágio quando mais de 50% das dez plantas marcadas para leitura apresentavam as características morfológicas descritas na escala.

A determinação da estatura das plantas foi efetuada por meio da medição das dez plantas marcadas na área útil. Para as determinações destrutivas como área foliar e massa seca das plantas de soja, amostraram-se cinco plantas, em seqüência na fileira, em cada sub-subparcela, nos estádios V9 (nono nó), R2 (florescimento pleno), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação).

A área foliar foi medida em um integrador de área foliar LI-COR modelo 3100 e o valor obtido em cm^2 foi dividido pela área de coleta das plantas para o cálculo do índice de área foliar (IAF). A massa seca foi avaliada colocando-se as amostras de cinco plantas em estufa ventilada, à temperatura de 65°C , até peso constante, com posterior pesagem e correção do valor para m^2 . A taxa de

crescimento da cultura (TCC) foi calculada pela fórmula de Radford (1967), adaptada por Pires (1998).

$$\text{TCC} = dw/dt$$

onde:

dw = MS acumulada na parte aérea (g.m^{-2})

dt = tempo decorrido entre as amostragens (dias)

O rendimento biológico aparente (R_{Ba}), que representa a quantidade de massa seca acumulada pela parte aérea da planta, foi calculado pela soma da massa seca da parte vegetativa e dos grãos, no estágio R8. O índice de colheita aparente (I_{Ca}), que expressa a eficiência de translocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta, foi calculado pela fórmula:

$$\text{I}_{\text{Ca}} = \frac{\text{Peso da massa seca de grãos}}{\text{Rendimento biológico aparente}} \times 100$$

Para o cálculo da taxa de enchimento de grãos (TEG) foram utilizados os dados obtidos no período reprodutivo, aplicados à fórmula proposta por Costa et al. (1991):

$$\text{TEG} = \text{RG}/D_{\text{R5+R6}}$$

onde:

RG = rendimento de grãos (g.m^{-2})

$D_{\text{R5+R6}}$ = período de enchimento de grãos (dias) entre os estádios R5 e R6.

O rendimento de grãos (kg.ha^{-1}) foi obtido por meio da colheita de 4 m² de cada sub-subparcela, que equivale às duas fileiras centrais no espaçamento de 40 cm e quatro fileiras no espaçamento de 20 cm, descontando-se bordadura de 50 cm em cada extremidade das fileiras. A determinação da massa seca de

plantas daninhas foi realizada a partir da coleta dessas plantas na mesma área coletada para o rendimento de grãos (4 m²), no momento da colheita.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância, pelo teste F à 5%, e as diferenças entre médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano agrícola 2002/2003, do ponto de vista meteorológico, mostrou que as temperaturas do ar foram similares à média de 30 anos (Figura 1.1), ficando na faixa adequada para o crescimento da cultura (20 a 25°C, segundo Doorembos & Kassan, 1986).

A radiação solar global (Figura 1.2) foi inferior à média de 30 anos durante o mês de dezembro e no segundo decêndio de fevereiro. No restante do período de condução o experimento, a radiação apresentou comportamento superior e/ou semelhante à média de 30 anos.

Este ano pode ser considerado como atípico para a região, pois houve deficiência hídrica de apenas 43 mm do período da instalação do experimento até o segundo decêndio de março, período esse que compreendeu da semeadura até o final do enchimento de grãos, de acordo com o balanço hídrico calculado pelo método de Thornthwaite & Mather (Cunha, 1992) (Figura 1.3), onde fez-se duas irrigações, sendo estas aplicadas nos dias 14/01/2003 (30 mm) no estádio V12 (décimo segundo nó) e 05/02/2003 (30 mm) no estádio R4 (legumes com 20 mm de comprimento), para manter condições adequadas de umidade no solo no período vegetativo e no florescimento. Essa deficiência hídrica ocorrendo de forma isolada ou combinada com outros fatores determinantes do rendimento de

grãos pode prejudicar o desempenho da soja, em qualquer estágio de desenvolvimento (Cunha & Bergamaschi, 1992; Queiroz et al., 1996; Souza et al., 1997). Mas como a precipitação pluvial média mensal foi de 139 mm, sendo 22% superior à média de 30 anos (108 mm) (Bergamaschi et al., 2003), aparentemente não se observou problemas de perda de rendimento devido ao déficit hídrico.

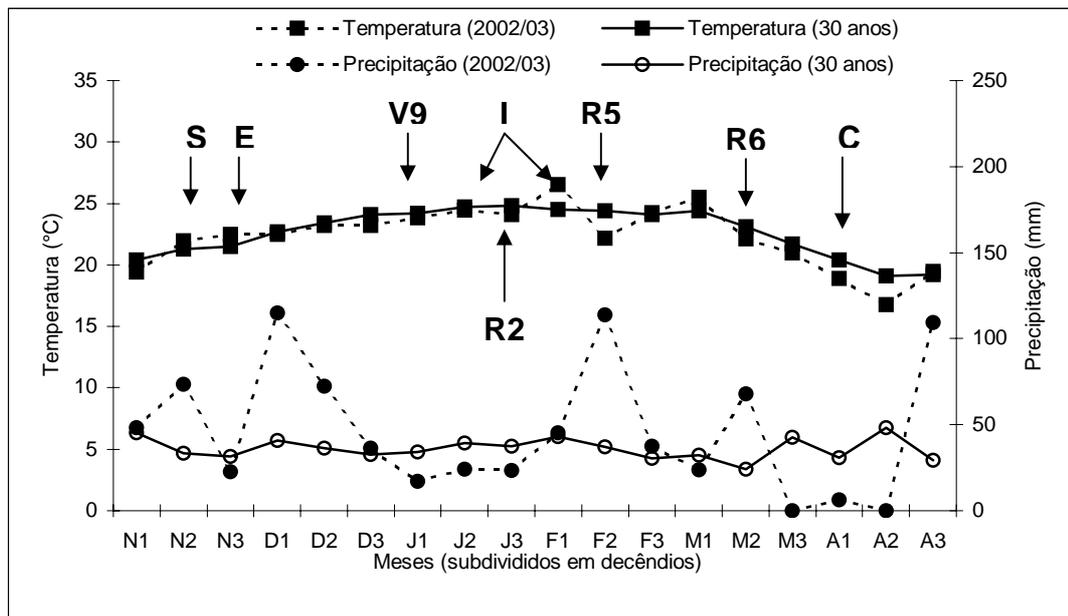


FIGURA 1.1: Precipitação pluvial e temperaturas médias de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2002/2003, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. S = semeadura; E = emergência; I = irrigação; C = colheita; V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R6 = máximo volume de grãos.

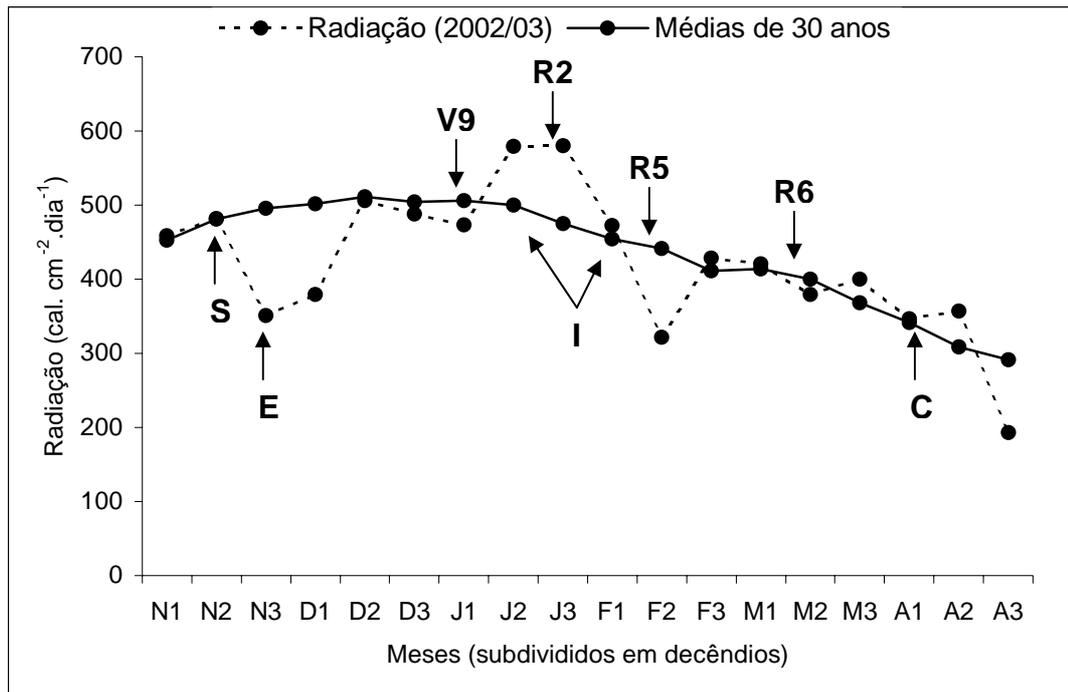


FIGURA 1.2: Radiação solar global ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) média de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2002/2003, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. S = semeadura; E = emergência; I = irrigação; C = colheita; V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R6 = máximo volume de grãos.

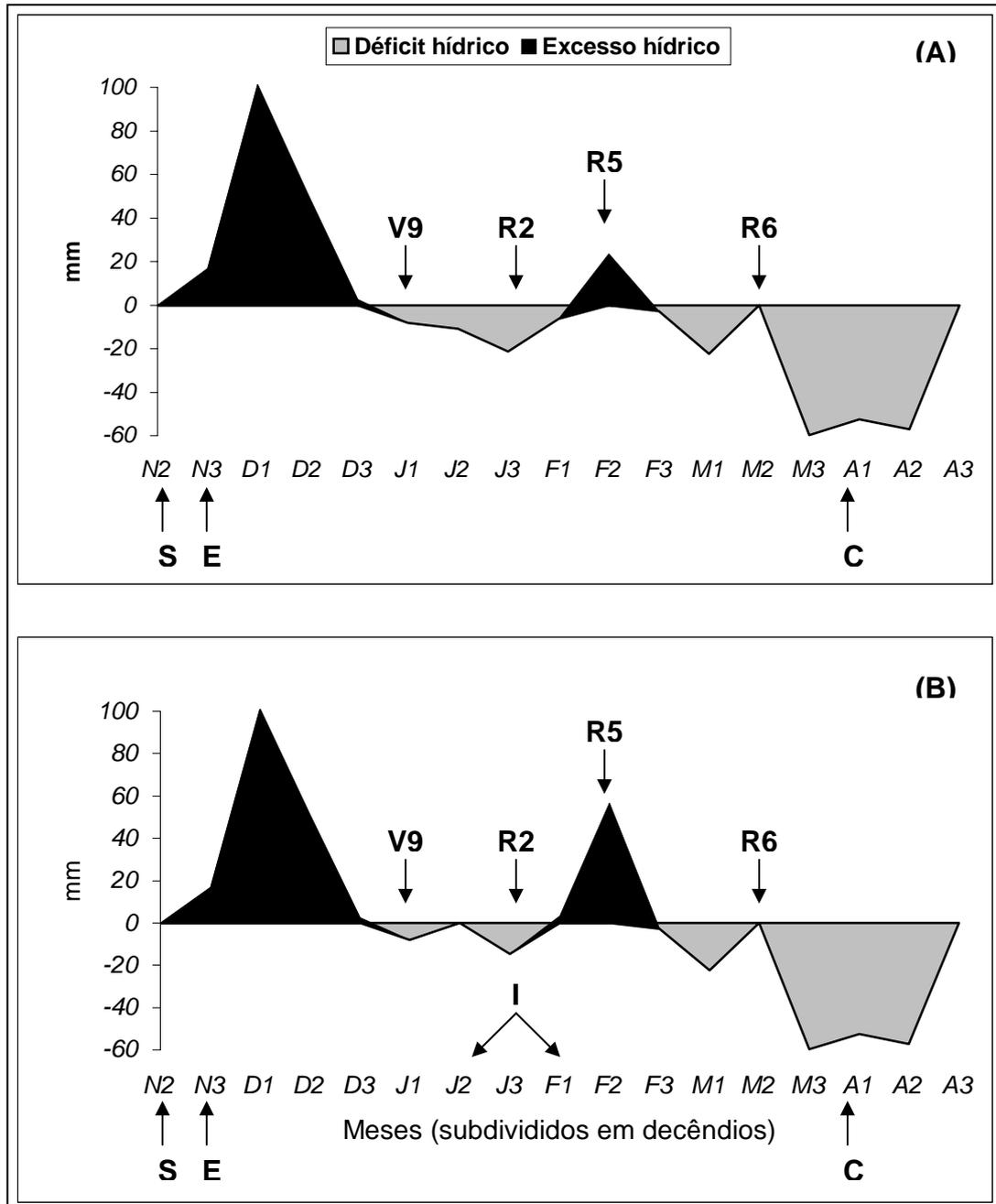


FIGURA 1.3: Balanço hídrico sem considerar a irrigação (A) e considerando a irrigação (B), segundo Thorntwaite e Mather (Cunha, 1992), para capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. S = semeadura; E = emergência; I = irrigação; C = colheita; V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R6 = máximo volume de grãos.

Os dados obtidos das amostragens periódicas da parte aérea das plantas de soja, para determinação das variáveis de crescimento, mostram que o fator nível de adubação não diferiu estatisticamente. A média geral de rendimento de grãos do experimento foi de 4.058 kg.ha⁻¹, sendo influenciado pelo manejo de plantas daninhas e espaçamento entre fileiras. O rendimento médio do tratamento com controle de plantas daninhas foi de 4.200 kg.ha⁻¹ (Tabela 1.1), sendo 34,7% superior à média do Estado, na mesma estação de crescimento (2002/2003). Este rendimento elevado reflete as condições em que o experimento foi conduzido, onde o estabelecimento da cultura foi em semeadura direta, na época indicada pela pesquisa e com a população de plantas adequada, e não se detectando a ocorrência de doenças em nível de dano, e sem limitações nutricionais aparentes.

Sem controle de plantas daninhas, o rendimento médio foi de 3.916 kg.ha⁻¹, 6,7% inferior ao tratamento com controle, indicando que essa prática permite que os recursos disponíveis sejam melhor aproveitados pela cultura. Com relação ao espaçamento entre fileiras (Tabela 1.1), 20 cm proporcionou rendimento de grãos 7,4% (311 kg.ha⁻¹) maior do que 40 cm, o que demonstra que com a modificação do arranjo de plantas na área é possível alcançar melhor desempenho no rendimento de grãos.

Levando em consideração que o rendimento de grãos é uma função da produção e proporção de utilização de assimilados entre os componentes vegetativos e reprodutivos da planta (Shibles & Weber, 1965), a determinação das variáveis de crescimento é importante para verificar a contribuição da parte aérea (área foliar) para o rendimento nos diferentes manejos utilizados na cultura.

TABELA 1.1: Rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cultivar de soja Fundacep 39 em dois manejos de plantas daninhas e dois espaçamentos entre fileiras, na média de três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Manejo de plantas daninhas	Com controle	Sem controle	Média geral	CV (%)
	4.200 a*	3.916 b		
Espaçamento entre fileiras	20 cm	40 cm	4.058	12,9
	4.213 a	3.902 b		

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.
CV = Coeficiente de variação.

Na média dos tratamentos, o IAF foi crescente de V9 até R5, chegando a 7,72 (Figura 1.4). Na comparação entre os tratamentos com e sem controle de plantas daninhas, não houve diferença significativa, nos estádios fenológicos avaliados, isso pode ser atribuído a interferência das plantas daninhas ter ocorrido quando as plantas de soja já estavam no estágio V2 para V3. É importante salientar que a infestação com plantas daninhas foi natural, ou seja, deixou-se que as mesmas emergissem espontaneamente na área experimental, sem semeadura, onde se observou a presença de *Brachiaria plantaginea*, *Sida rhombifolia*, *Cardiospermum halicacabum*, *Bidens pilosa* e *Richardia brasiliensis*. De fato, como sugerem Staniforth & Weber (1956), para uma interferência efetiva é necessário que no início da implantação da cultura haja plantas daninhas estabelecidas na área.

O tratamento sem controle apresentou plantas de maior estatura, da ordem de 8%, devido ao rápido desenvolvimento das plantas daninhas que ultrapassaram o dossel da soja, forçando o crescimento das plantas de soja para compensar a interferência, esse comportamento foi observado em todos os

estádios fenológicos analisados (Tabela 1.2), essa variável não mostrou efeito sobre o IAF.

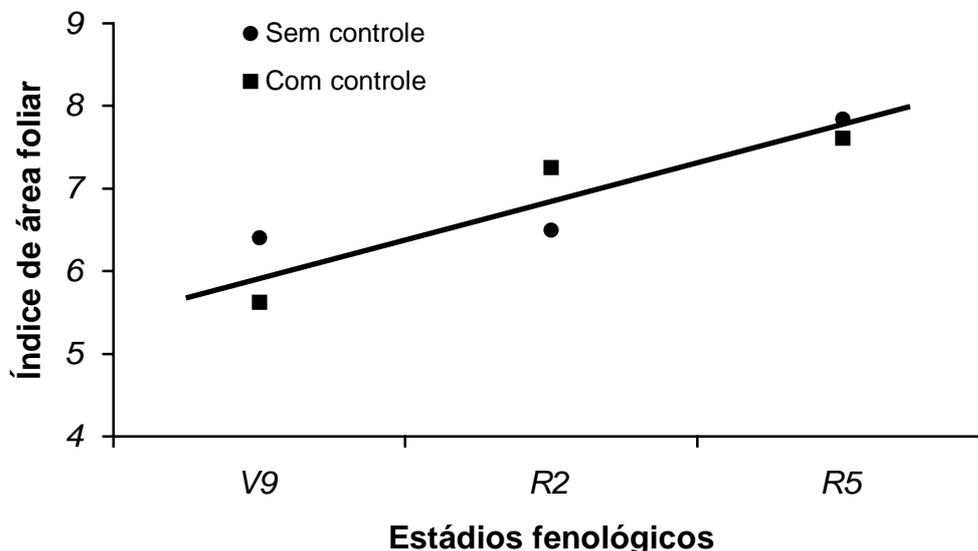


FIGURA 1.4: Índice de área foliar (IAF) de soja, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos.

TABELA 1.2: Estatura de plantas (cm) da cultivar de soja Fundacep 39 em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Estádio fenológico**	DAE***	Sem controle	Com controle	CV (%)
V9	53	41,4 a*	38,4 b	6,9
R2	77	67,1 a	61,7 b	6,5
R5	93	73,8 a	67,4 b	7,2
R8	143	78,1 a	72,6 b	8,0

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

**V9 = nono nó, R2 = florescimento pleno, R5 = início do enchimento de grãos, R8 = maturação.

***DAE (dias após emergência).

CV = Coeficiente de variação.

A estatura das plantas e o IAF não influenciaram no rendimento de grãos, nos tratamentos com e sem controle de plantas daninhas, mesmo existindo interferência de plantas daninhas na área (Tabela 1.3), que apresentavam estatura maior que a soja, acima do seu dossel, já que as condições de umidade e fertilidade do solo foram bem supridas. Hagood Jr. et al. (1980) verificaram que o aumento da densidade de plantas daninhas por m^2 resulta em diminuição no rendimento de grãos e tem efeitos negativos sobre alguns componentes do rendimento, de maneira gradativa. Quanto ao IAF, esses autores mencionam que no tratamento livre de plantas daninhas o IAF foi de 6,6 aos 76 dias após emergência, nesse mesmo tempo, o tratamento com maior infestação (40 plantas. m^{-2}) mostrou decréscimo da ordem de 66% (2,2), demonstrando o grande efeito da competição interespecífica. Nesse trabalho, as plantas daninhas estavam presentes desde o início da implantação da soja. No presente experimento, a interferência de plantas daninhas iniciou quando a soja estava entre os estádios V2 e V3 (segundo e terceiro nós, respectivamente), aos 19 DAE.

A avaliação da massa seca de plantas daninhas (Tabela 1.3) mostrou que no tratamento com controle não houve diferença significativa entre os espaçamentos entre fileiras. Sem controle de ervas, o espaçamento de 20 cm apresentou 33% menos massa seca de plantas daninhas quando comparado ao de 40 cm. Na comparação entre os manejos de plantas daninhas, na média dos espaçamentos e dos níveis de adubação verifica-se uma diferença de massa seca de 88%, entre os tratamentos com e sem controle.

Na análise da massa seca da parte aérea da soja verificou-se que, na média dos tratamentos, a MS máxima acumulada foi alcançada em R5, com 1352 g.m⁻², sem diferença estatística entre os tratamentos (Figura 1.5).

TABELA 1.3: Massa seca de plantas daninhas (g.m⁻²) em R8, em dois manejos de plantas daninhas e dois espaçamentos entre fileiras, na média de três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Espaçamento entre fileiras	Com controle	Sem controle
20 cm	4,2 ^{ns}	33,5 b*
40 cm	5,1	49,8 a
Média	4,7 B (12%)	41,6 A (100%)

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem pelo teste DMS, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

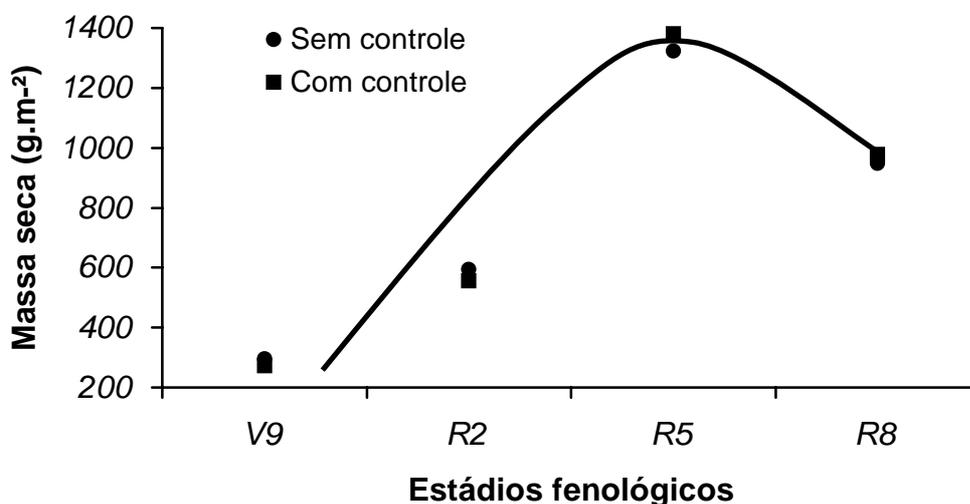


FIGURA 1.5: Massa seca da parte aérea (g.m⁻²) da soja, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

O desenvolvimento semelhante das plantas nos estádios fenológicos possibilitou verificar que a massa seca da parte aérea não foi uma variável que influenciou no rendimento de grãos por meio de processos fisiológicos como a fotossíntese que beneficiaria a maior produção de assimilados para a distribuição pela planta (Begg & Turner, 1976; Sionit & Kramer, 1977).

A taxa de crescimento da cultura (TCC), na média dos tratamentos, variou de $5,81 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, no subperíodo VE-V9, a um valor máximo de $18,25 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no R2-R5, vindo a decrescer após este subperíodo, devido à queda de folhas fisiologicamente velhas (Figura 1.6).

De acordo com os resultados obtidos nesse experimento verificou-se comportamento diferente de trabalhos que afirmam que em condições onde não exista interferência de plantas daninhas e, conseqüentemente, maior suprimento de água para as plantas, favorecendo a atividade fotossintética, a fixação biológica e a absorção de nutrientes do solo, obtém-se maior crescimento vegetativo o que se reflete em maior taxa de crescimento da cultura (TCC). Hagood Jr. et al. (1980) mostram que a massa seca de plantas de soja reduziu quando a interferência com daninhas aumentou. A diferença provavelmente reside na combinação entre o grau de interferência exercida pelas plantas daninhas, a época em que emergem e nas espécies presentes no experimento.

A Tabela 1.4 mostra que não houve diferença entre as variáveis rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita aparente (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG) entre os tratamentos com e sem controle de plantas daninhas.

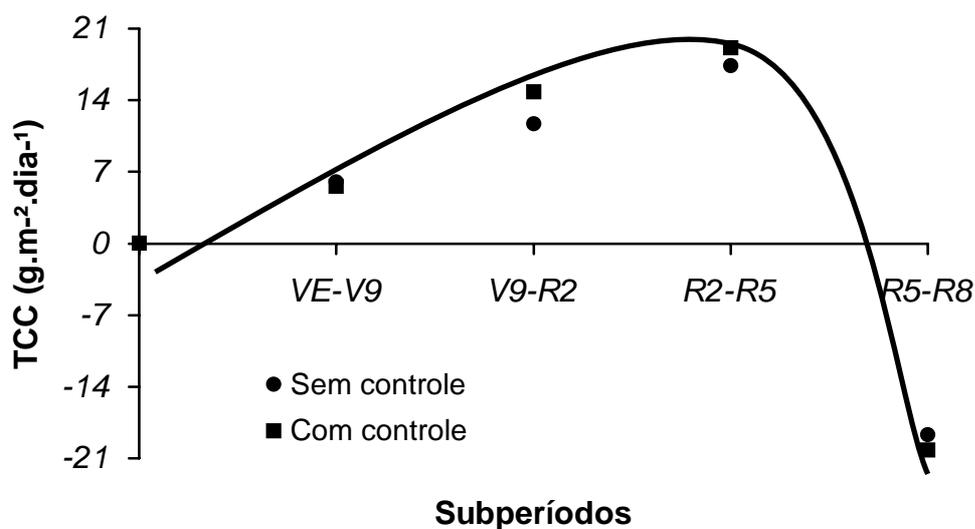


FIGURA 1.6: Taxa de crescimento da cultura da soja (TCC) ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. VE = vegetativo de emergência; V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

TABELA 1.4: Rendimento biológico aparente (RBa) em R8*, índice de colheita aparente (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG) da soja em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Características de crescimento	Manejo de plantas daninhas		CV (%)
	Com controle	Sem controle	
RBa (g.m^{-2})	977 ^{ns}	949	33,0
ICa (%)	46,95 ^{ns}	46,18	37,2
TEG ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	16,79 ^{ns}	15,66	12,9

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* R8 = maturação

CV = Coeficiente de variação.

Nos espaçamentos de 20 e 40 cm, o rendimento de grãos alcançado foi de 4.213 e 3.902 kg.ha^{-1} , respectivamente (Tabela 1.1), demonstrando o

benefício da redução de espaçamento, além de vantagens como maior interceptação da radiação solar, maior conservação da água no solo e melhor controle de plantas daninhas (Tabela 1.3). Com relação ao espaçamento entre fileiras, resultados de pesquisa demonstram haver aumento no rendimento de grãos em espaçamentos entre fileiras de 20 cm (Cooper & Jeffers, 1984; Ventimiglia, 1996; Pires et al., 1998; Thomas et al., 1999).

O IAF foi estatisticamente superior no estágio V9, no espaçamento de 20 cm (Figura 1.7). Em R2 e R5, não houve diferença significativa, mesmo o espaçamento de 20 cm apresentando superioridade em termos absolutos. Isso indica que o rápido estabelecimento do dossel no início do desenvolvimento vegetativo, bem como, a persistência das folhas por mais tempo no final do ciclo, podem ter favorecido a captação de luz e a produção de fotoassimilados no espaçamento de 20 cm. Pires (1998) também observou maior IAF da soja em 20 cm, nos estádios iniciais de desenvolvimento, além de afirmar que o melhor arranjo de plantas em 20 cm reduz a competição intraespecífica no início do desenvolvimento vegetativo, proporcionando rápido incremento de massa seca e área foliar, fechamento da superfície do solo (espaço entre fileiras) e melhor aproveitamento da radiação incidente.

Na análise da estatura das plantas verificou-se que nos estádios iniciais de desenvolvimento, V9 e R2, houve diferença estatística entre os espaçamentos entre fileiras. A redução do espaçamento proporcionou maior desenvolvimento das plantas, onde havia distribuição próxima da equidistância (Tabela 1.5).

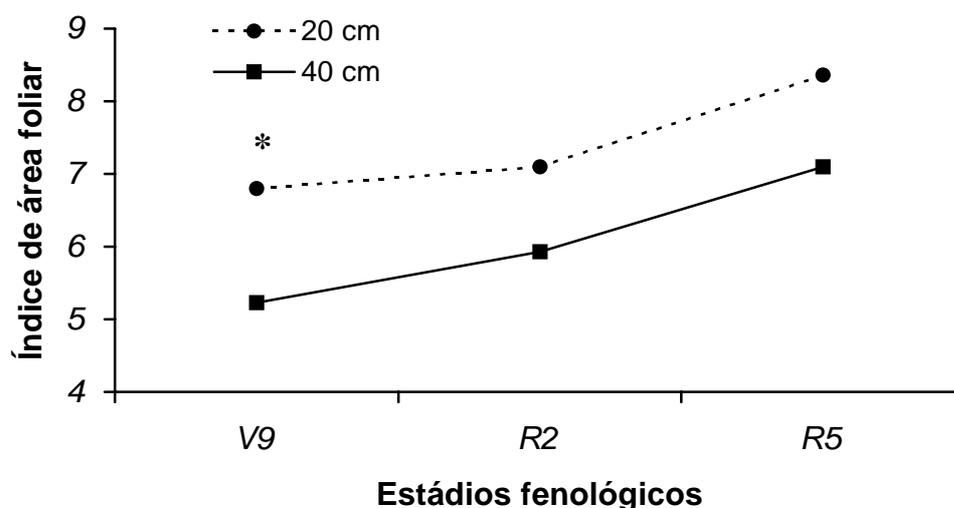


FIGURA 1.7: Índice de área foliar (IAF) de soja em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos. *Significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 1.5: Estatura de plantas (cm) da cultivar de soja Fundacep 39 em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Estádio fenológico**	DAE***	20 cm	40 cm	CV (%)
V9	53	41 a*	39 b	6,9
R2	77	66 a	63 b	6,5
R5	93	72 a	69 a	7,2
R8	143	75 a	75 a	8,0

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

**V9 = nono nó, R2 = florescimento pleno, R5 = início do enchimento de grãos, R8 = maturação.

***DAE (dias após emergência).

CV = Coeficiente de variação.

A massa seca por unidade de área aumenta com a diminuição do espaçamento entre fileiras de 30 para 15 cm (Udoguchi & McCloud, 1987). Resposta semelhante foi observada nesse trabalho, onde as plantas em espaçamento de 20 cm apresentaram maior MS do que em 40 cm, da ordem de 329 g.m^{-2} (Figura 1.8) no estágio R5, já nos outros estádios fenológicos analisados não houve diferença significativa. Esse comportamento se assemelha, em parte, com os resultados obtidos por Board et al. (1990) e Board et al. (1996), que indicam ser a massa seca total em R5, altamente correlacionada com o rendimento de grãos e que maior rendimento em espaçamentos estreitos, pode ser esperado somente se a massa seca em R5, no espaçamento amplo, for menor do que 800 g.m^{-2} . Porém, nesse trabalho, a massa seca em R5 foi maior que esse valor para ambos os espaçamentos entre fileiras, mesmo assim o rendimento no espaçamento estreito foi maior. Segundo Egli et al. (1987), existe relação linear entre o rendimento de grãos por área e a massa seca acumulada durante a fase vegetativa e no início do enchimento de grãos, até determinado limite.

Também se verifica na Figura 1.8 que, de R5 para R8, a soja no espaçamento de 20 cm teve um decréscimo da massa seca maior do que 40 cm, da ordem de 40%, enquanto o espaçamento mais largo apresentou um decréscimo de 14%, que pode ter ocorrido devido a maior translocação de reservas para os grãos devido a maior demanda.

A TCC foi estatisticamente maior no subperíodo R2-R5 (Figura 1.9) alcançando $21,9 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no espaçamento de 20 cm enquanto para 40 cm, o valor foi de $14,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, aproximadamente, 34% inferior ao espaçamento reduzido. Segundo Bullock et al. (1998), valores altos de IAF e MS em qualquer

estádio de desenvolvimento da cultura resultam em maior TCC no período vegetativo e início do reprodutivo. É importante que a planta de soja tenha alto vigor inicial, para que possa atingir o nível crítico de IAF (95% da interceptação da radiação) antes do início do enchimento de grãos (Boote & Tollenaar, 1994).

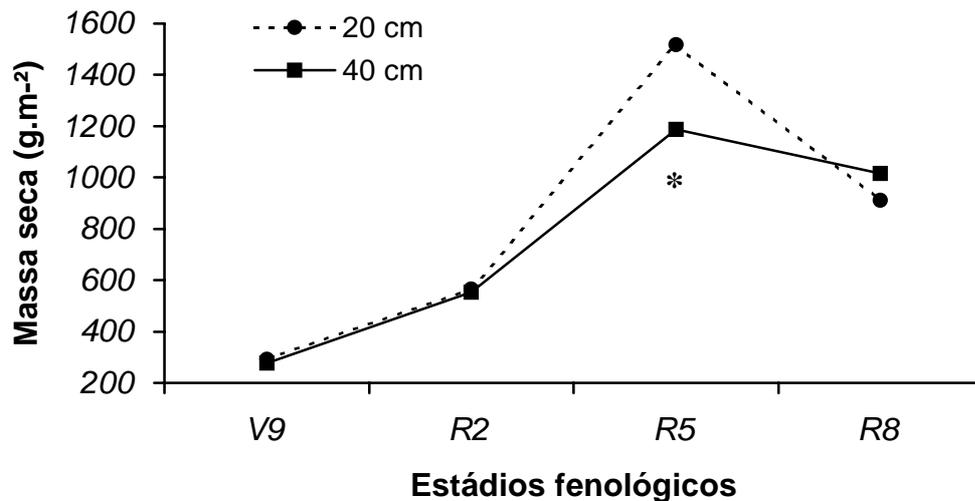


FIGURA 1.8: Massa seca da parte aérea (g.m^{-2}) da soja em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação. *Significativo a 5% de probabilidade.

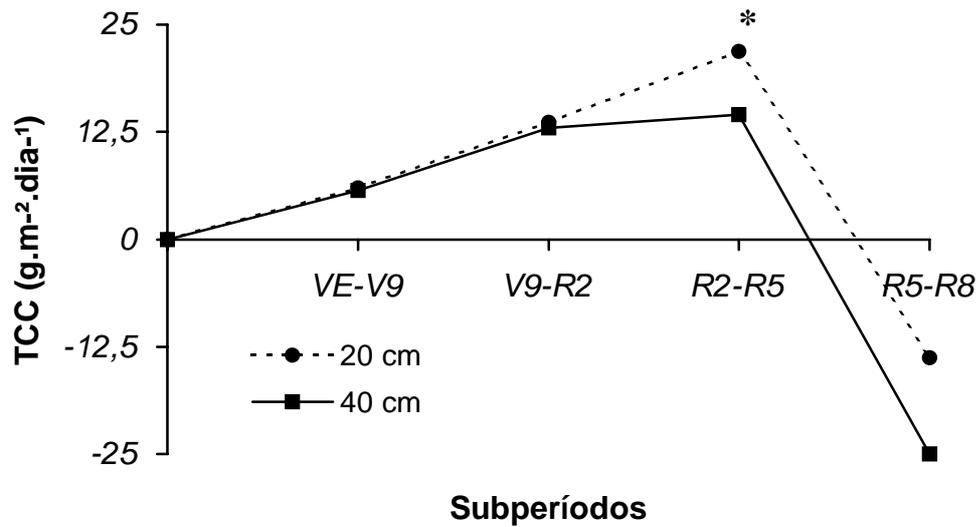


FIGURA 1.9: Taxa de crescimento da cultura da soja (TCC) ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. VE = vegetativo de emergência; V9 = nono nó; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação. *Significativo a 5% de probabilidade.

Segundo Board et al. (1990), os maiores rendimentos obtidos em espaçamentos estreitos estão associados com incremento da TCC, principalmente durante o período vegetativo e o início do reprodutivo. Este aumento na TCC está associado à maior interceptação de luz e taxa de acúmulo de MS nestes períodos.

Os valores de TCC negativos no subperíodo R5-R8, deve-se à mobilização das reservas, na translocação para os grãos, constituindo uma importante contribuição para o enchimento e rendimento de grãos (Zeihner et al., 1982) e senescência de folhas.

A maior TCC e produção de MS resultam em maior armazenamento de carboidratos (Board et al., 1990), e proporciona às plantas a possibilidade de

diferenciar maior número de gemas reprodutivas, influenciando ambos os fatores, inclusive o rendimento de grãos.

As variáveis de crescimento ICa e TEG destacaram-se no espaçamento de 20 cm (Tabela 1.6) em relação a 40 cm.

TABELA 1.6: Rendimento biológico aparente (RBa) em R8, índice de colheita aparente (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG) da soja em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Características de crescimento	Espaçamento entre fileiras		CV (%)
	20 cm	40 cm	
RBa (g.m ⁻²)	911 a*	1016 a	33,0
ICa (%)	52,02 a	41,11 b	37,2
TEG (g.m ⁻² .dia ⁻¹)	16,85 a	15,61 b	12,9

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Com base nos resultados obtidos pode-se verificar que as variáveis de crescimento da cultura tem efeito direto sobre o rendimento de grãos, mas é necessária uma combinação entre eles em busca da maximização da resposta da soja. A determinação dessas variáveis é uma importante ferramenta que pode auxiliar na estimativa de desempenho da cultura.

1.6. CONCLUSÕES

- A redução do espaçamento aumenta o índice de área foliar no estágio vegetativo, a massa seca da parte aérea das plantas, a taxa de enchimento de grãos e o índice de colheita aparente, e, como consequência, o rendimento de grãos.

- O controle de plantas daninhas e a redução do espaçamento entre fileiras aumentam o rendimento de grãos da soja.

CAPÍTULO II

POTENCIAL DE RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA EM FUNÇÃO DA COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA, ARRANJO DE PLANTAS E ADUBAÇÃO.^{1/}

Autor: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Orientador: José Antonio Costa

2.1. RESUMO

A estimativa do potencial de rendimento (PR) corresponde à avaliação sistemática do tipo e da quantidade de estruturas reprodutivas (flores e legumes), o que possibilita verificar o efeito das práticas de manejo sobre a produção e fixação destas estruturas. O presente trabalho teve como objetivo determinar o efeito da competição com plantas daninhas e do arranjo de plantas sobre o potencial de rendimento, os componentes e o rendimento de grãos, em níveis de adubação. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola 2002/2003. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas, e quatro repetições. Os tratamentos constaram de dois manejos de plantas daninhas (com e sem controle), dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm), e três níveis de adubação (sem adubação, metade da indicação e a dose indicada). As avaliações foram efetuadas em cinco plantas, em cada sub-subparcela, onde estimou-se o PR nos estádios R2 (florescimento pleno) e R5 (início do enchimento de grãos) pela determinação do número de flores e legumes, respectivamente, e, posteriormente, colheu-se 4 m² para quantificação do rendimento de grãos em R8 (maturação). O PR médio obtido foi de 15.753 kg.ha⁻¹ em R2, 10.540 kg.ha⁻¹ em R5, e o rendimento de grãos, 4.058 kg.ha⁻¹ em R8. Os tratamentos com e sem controle de plantas daninhas, e os espaçamentos entre fileiras não apresentaram diferença significativa no PR em R2 e R5. Os rendimentos de grãos alcançados em R8 foram 4.200 e 3.916 kg.ha⁻¹, respectivamente, para com e sem controle, enquanto os espaçamentos contribuíram com 4.213 kg.ha⁻¹ (20 cm) e 3.902 kg.ha⁻¹ (40 cm), ambos apresentando diferença significativa. O nível de adubação não apresentou diferença para as variáveis analisadas.

^{1/} Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (79p.) Maio, 2004.

YIELD POTENTIAL AND GRAIN YIELD OF SOYBEAN AFFECTED BY INTERSPECIFIC COMPETITION, PLANT ARRANGEMENT AND FERTILIZATION.^{1/}

Author: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Adviser: José Antonio Costa

2.2. ABSTRACT

The estimative of the yield potential (YP) corresponds to the systematic evaluation of the type and quantity of reproductive structures (flowers and pods), that enables verify the effect of the management on the production and fixation of these structures. The present work had as objective determine the effect of the weed competition and plant arrangement on the YP, grain yield and yield components, in fertility levels. The experiment was performed at the Estação Experimental Agronômica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), in Eldorado do Sul, RS, in the growing season 2002/2003. The experimental design was randomized complete block, in a split split-plot, and four replications. The treatments were two weed management (with and without control), two row spacings (20 and 40 cm), and three fertility levels (without fertilization, half of the indication and the indication). The evaluations were performed in five plants, in each replication. For estimated of the YP in the stages R2 (flowering) and R5 (beginning of pod filling) by the determination of the number of flowers and pods, respectively, and, subsequently, harvested 4 m² for the quantification of grain yield in R8 (maturity). The average YP obtained were of 15753 kg.ha⁻¹ in R2, 10540 kg.ha⁻¹ in R5, and the yield, 4058 kg.ha⁻¹ in R8. The treatments with and without weed control, and the row spacing did not present significant difference in the YP in R2 and R5. The yield in R8 were 4200 and 3916 kg.ha⁻¹, respectively, for with and without weed control, while the row spacing contributed with 4213 kg.ha⁻¹ (20 cm) and 3902 kg.ha⁻¹ (40 cm), both significantly different. The fertility level did not present difference for the parameters analyzed.

^{1/} Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (79p.) May, 2004.

2.3. INTRODUÇÃO

A soja é a cultura de maior área de semeadura no Rio Grande do Sul, oscilando ao redor de três milhões de hectares. Sua produção tem, em média, sido crescente, em virtude da tecnologia aplicada à cultura, o emprego de novas cultivares de elevado potencial produtivo e pela crescente profissionalização dos produtores rurais (Bisotto & Farias, 2003).

Para obtenção de rendimentos elevados, que podem ser alcançados em ambientes com poucas limitações e com o controle efetivo dos estresses bióticos e abióticos (Evans, 1993), é necessário que haja planejamento anterior à implantação da cultura. A influência desses fatores que limitam o rendimento de grãos, durante o ciclo, pode ser melhor compreendido se o potencial de rendimento for conhecido. Na soja, estimativas do potencial de rendimento podem ser feitas pela quantificação das estruturas reprodutivas (flores e legumes), possibilitando verificar o efeito de cada prática de manejo empregada na lavoura sobre a produção e fixação dessas estruturas.

Vários trabalhos têm sido feitos buscando estimar o potencial de rendimento da soja, sob diferentes condições de manejo. Segundo Ventimiglia et al. (1999), o rendimento poderia ser de 18.000 kg.ha⁻¹, estimado no estágio R2 (florescimento pleno) e 10.000 kg.ha⁻¹ em R5 (início do enchimento de grãos), se as estruturas reprodutivas continuassem evoluindo até R8 (maturação). Pires et al. (2000), com arranjo de plantas diferenciado, estimaram o potencial de rendimento médio de 15.000 e 10.282 kg.ha⁻¹, respectivamente, nos estádios R2 e R5, no espaçamento entre fileiras de 20 cm. Quando o espaçamento foi ampliado para 40 cm, o potencial de rendimento alcançado, em R5, foi inferior a 10.000 kg.ha⁻¹.

Os prejuízos ocasionados pela interferência de plantas daninhas podem ser quantitativos e/ou qualitativos, sendo o principal deles a redução no rendimento de grãos que pode atingir níveis de até 90% quando não se controla a invasora (Blanco et al., 1973). A estimativa do potencial de rendimento da soja é uma avaliação importante, para demonstrar qual é o problema real causado pela interferência de plantas daninhas sobre a formação e manutenção das estruturas reprodutivas para que um maior rendimento de grãos seja atingido em R8. A avaliação do potencial de rendimento da soja pelo método que quantifica as estruturas reprodutivas ainda não é feita em experimentos que analisam o efeito das plantas daninhas na cultura.

A modificação do arranjo de plantas afeta fatores como a competição intra e interespecífica. Essa seria uma forma de aumentar a capacidade competitiva da soja com plantas daninhas (Pitelli, 1981).

A fertilidade do solo é outro fator que, em níveis não adequados, afeta o crescimento da soja e diminui o rendimento de grãos. Do ponto de vista fisiológico, as deficiências nutricionais ocasionam, primeiramente, a inibição do crescimento e utilização dos produtos da fotossíntese (Costa, 1996). A carência de fósforo no solo provoca diminuição da quantidade de fotoassimilados direcionados aos nódulos, reduzindo a fixação e assimilação de nitrogênio (Sa & Israel, 1995).

O objetivo desse trabalho foi determinar o efeito da competição com plantas daninhas e do arranjo de plantas sobre o potencial de rendimento, sobre os componentes e rendimento de grãos, em níveis de adubação.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada na região fisiográfica da Depressão Central, município de Eldorado do Sul, distante 60 km de Porto Alegre, RS, no ano agrícola 2002/2003. O clima e o solo da região já foram descritos no Capítulo I (p.11-12). Demais informações sobre o experimento como delineamento experimental, tratamentos, fatores, dimensões das unidades experimentais, cultivar, práticas culturais, dados meteorológicos e caracterização dos estádios fenológicos da soja, seguem o descrito no Capítulo I (p.12-14).

Para estimar o potencial de rendimento, realizou-se determinação não destrutiva em cinco das dez plantas marcadas em seqüência na fileira de cada sub-subparcela, fazendo-se as avaliações sempre nas mesmas plantas durante os estádios reprodutivos. Quantificou-se o número de flores em R2 (florescimento pleno) e o número de legumes em R5 (início do enchimento de grãos), por meio do mapeamento de plantas (Costa, 1993). Em R8 (maturação) nas dez plantas marcadas determinou-se o número de legumes com um, dois, três e sem grãos, pela contagem por sub-subparcela e depois transformadas para m²; o número de grãos por legume, calculado dividindo-se a média do número de grãos obtido por planta pelo número de legumes encontrados por planta, e o peso de 100 grãos, em legumes com um, dois e três grãos, foi realizado em amostra de 100 grãos, oriundos de legumes com um, dois e três grãos, separadamente. Essas avaliações foram utilizadas para calcular o rendimento de grãos em R8. O potencial de rendimento em R2 e R5 foi obtido pela aplicação dos valores de flores e legumes presentes nestes estádios. Esta estimativa é a representação do

rendimento que seria alcançado se as plantas conseguissem manter todas as flores presentes em R2 e todos os legumes presentes em R5, até a maturação.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância, pelo teste F a 5%, e as diferenças entre médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos temperatura e precipitação pluvial, radiação solar global e balanço hídrico calculado pelo método de Thorntwaite e Mather (Cunha, 1992) podem ser observados no Capítulo I - Figuras 1.1, 1.2 e 1.3, respectivamente.

Na média dos tratamentos, se todas as flores existentes em R2 (5.366 flores/m²) (Figura 2.1) tivessem originado legumes e grãos, e chegassem à maturação, o potencial de rendimento seria de 15.753 kg.ha⁻¹. No entanto, se todos os legumes presentes em R5 (3.565 legumes/m²) tivessem chegado à maturação, o potencial de rendimento seria de 10.540 kg.ha⁻¹, porém, devido a perda de potencial, o rendimento de grãos, médio, em R8 foi de 4.058 kg.ha⁻¹ (Figura 2.2) com 1.467 legumes férteis/m² que contribuem efetivamente para a formação desse rendimento.

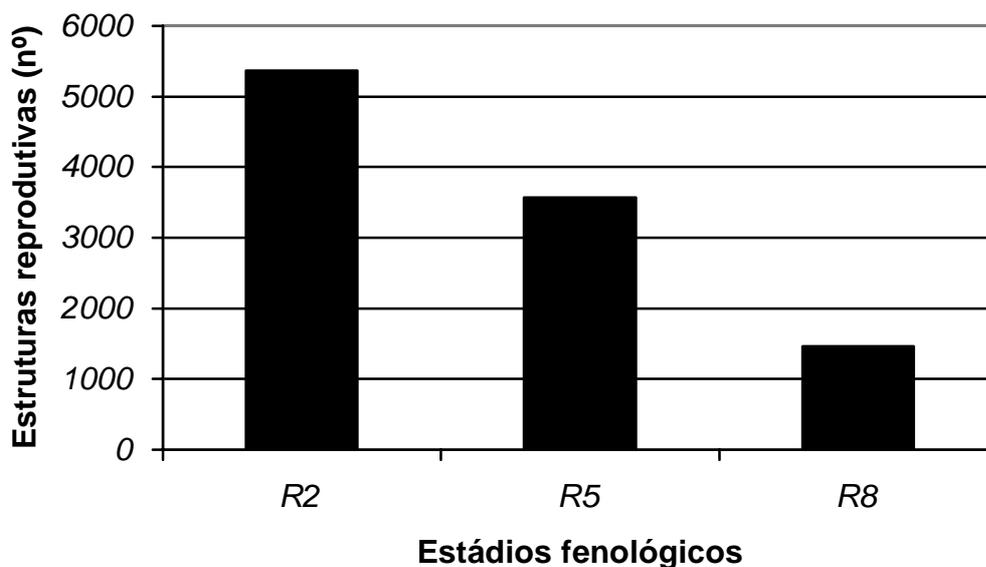


FIGURA 2.1: Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja Fundacep 39, em três estádios de desenvolvimento, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. R2 = Florescimento pleno (flores/m²); R5 = Início do enchimento de grãos (legumes/m²); R8 = Maturação (legumes férteis/m²).

A avaliação do número de estruturas reprodutivas mostrou não haver diferença significativa entre os tratamentos com e sem controle de plantas daninhas nos estádios fenológicos R2, R5 e R8. Já no espaçamento entre fileiras observou-se maior número de legumes férteis por m² no estágio R8 para o espaçamento de 20 cm, 10% superior ao de 40 cm (Tabela 2.1). Essa diferença demonstra a importância desse componente na formação do rendimento de grãos, pois é o que apresenta maior plasticidade.

TABELA 2.1: Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja Fundacep 39, nos estádios fenológicos R2, R5 e R8, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Espaçamento entre fileiras	Estádios fenológicos**		
	R2 (Flores/m ²)	R5 (Legumes/m ²)	R8 (Legumes férteis/m ²)
20 cm	5213 ^{ns}	3326 ^{ns}	1546 a*
40 cm	5519	3804	1390 b
Média	5366 (100%)	3565 (66%)	1467 (27%)
CV (%)	30,9	48,3	31,8

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

**R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.
CV = Coeficiente de variação

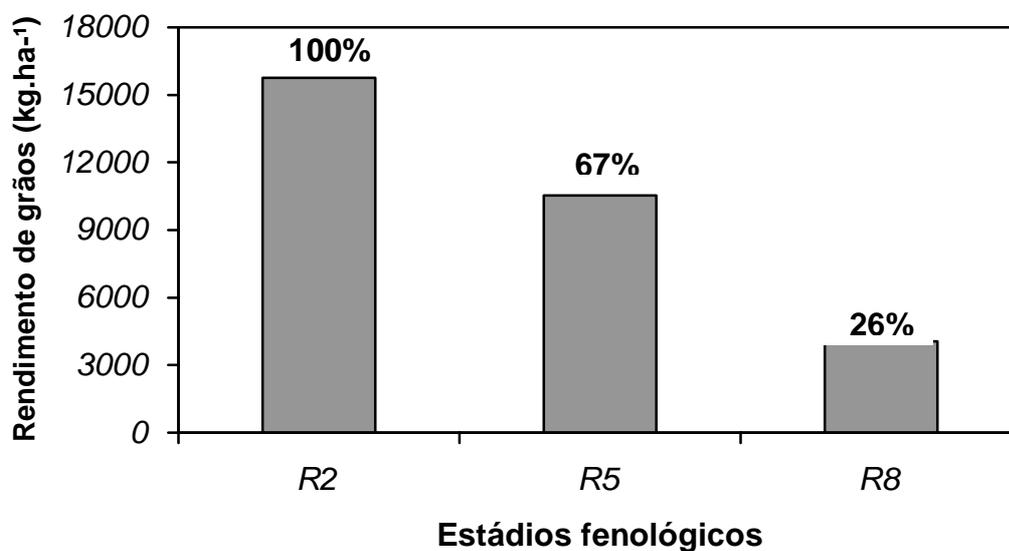


FIGURA 2.2: Estimativa do potencial de rendimento da soja em três estádios de desenvolvimento, na média de dois manejos de plantas daninhas, dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. R2 = Florescimento pleno; R5 = Início do enchimento de grãos; R8 = Maturação.

A perda do potencial de rendimento de R2 para R5 foi de 33% e de R2 para R8 foi de 74%. Quando se considera o valor do potencial do estágio R5 como 100% na comparação com R8, pode ser verificada uma perda de 61% no potencial de rendimento. Estas perdas podem ser atribuídas a características intrínsecas da cultivar e ao ambiente, que podem afetar processos fisiológicos de formação do rendimento (Sionit & Kramer, 1977; Momen et al., 1979; Serraj & Sinclair, 1997).

O potencial de rendimento em R2 e R5 não mostraram diferenças estatísticas entre os tratamentos. O rendimento de grãos em R8 foi influenciado pelo manejo de plantas daninhas e espaçamento entre fileiras, não havendo interação entre fatores, nem resposta diferenciada em função do nível de adubação.

No estágio R8, o rendimento de grãos foi 6,7% ($284 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) maior no tratamento com controle de plantas daninhas do que no sem controle (Tabela 1.1 - Capítulo I), evidenciando que o controle de plantas daninhas (CPD) reduz a perda de potencial, por evitar prejuízos ocasionados pela interferência, que podem ser tanto quantitativo quanto qualitativos, e atingir níveis de até 90% de perda de rendimento (Blanco et al., 1973). Esse maior rendimento de grãos, obtido no tratamento com CPD é resultado da contribuição dos componentes, grãos por legume e peso do grão, que mostraram-se significativamente diferentes entre os tratamentos com e sem CPD.

O número de legumes férteis por m^2 em R8 (Tabela 2.2), não foi diferente nos tratamentos com e sem CPD. Nessas circunstâncias, a interferência de plantas daninhas não exerceu efeito negativo sobre o desempenho e/ou

fixação dessas estruturas reprodutivas que têm alta importância na formação do rendimento.

TABELA 2.2: Número de legumes férteis por m² da cultivar de soja Fundacep 39, em R8*, no caule, ramos e na planta inteira, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Estrutura da planta	Manejo de plantas daninhas		CV (%)
	Com controle	Sem controle	
Caule	645 ^{ns}	639	16,2
Ramos	835 ^{ns}	815	52,6
Planta inteira	1480 ^{ns}	1455	31,8

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* R8 = Maturação;

CV = Coeficiente de variação

Quando analisado o número de grãos por legume (Tabela 2.3), que influencia, de forma direta, o rendimento de grãos, percebe-se que o tratamento com controle de plantas daninhas apresentou maior número de grãos por legume no caule e na planta inteira do que o sem controle, da ordem de 4,0 e 3,5%, respectivamente.

Na combinação do número de legumes férteis por área, grãos por legume e peso de 100 grãos mostra que com CPD é possível alcançar maior rendimento. Se a interferência das plantas daninhas sobre o rendimento de grãos da soja pode alcançar níveis elevados, de até 60% (Fleck & Candemil, 1995), é necessário que o controle de plantas daninhas seja eficiente, para a expressão adequada dos componentes do rendimento.

TABELA 2.3: Número de grãos por legume em caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja Fundacep 39, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Número de grãos por legume	Manejo de plantas daninhas		CV (%)
	Sem controle	Com controle	
Caule	1,98 b*	2,06 a	5,2
Ramos	1,91 a	1,96 a	5,7
Planta inteira	1,94 b	2,01 a	5,4

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Observa-se (Tabela 2.4) que no tratamento com CPD, o peso de 100 grãos foi 3% superior ao sem controle nos ramos, já na planta inteira, o peso do grão não apresentou diferença significativa. Esse resultado demonstra que a interferência das plantas daninhas na cultura pode afetar o desenvolvimento de estruturas reprodutivas nos ramos, apesar de não ter refletido diretamente na planta inteira. Pandey & Torrie (1973) afirmaram que o peso do grão está sob controle genético, mas pode ser influenciado pelo ambiente, que se refletirá em redução do desempenho da cultivar, mesmo que ela apresente alto potencial genético.

Na comparação entre os espaçamentos de 20 e 40 cm observou-se que não houve diferença significativa no potencial de rendimento em R2 e R5. Já para o rendimento de grãos em R8, o espaçamento entre fileiras de 20 cm resultou em 4.213 kg.ha⁻¹, 8% superior ao espaçamento de 40 cm (3.902 kg.ha⁻¹) (Figura 2.3).

TABELA 2.4: Peso médio (g) de 100 grãos, a 13% de umidade, em legumes férteis no caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja Fundacep 39, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Peso de 100 grãos	Manejo de plantas daninhas		CV (%)
	Sem controle	Com controle	
Caule	17,69 ^{ns}	17,87	4,3
Ramos	17,39 b*	17,88 a	3,9
Planta inteira	17,54 ^{ns}	17,87	3,4

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação

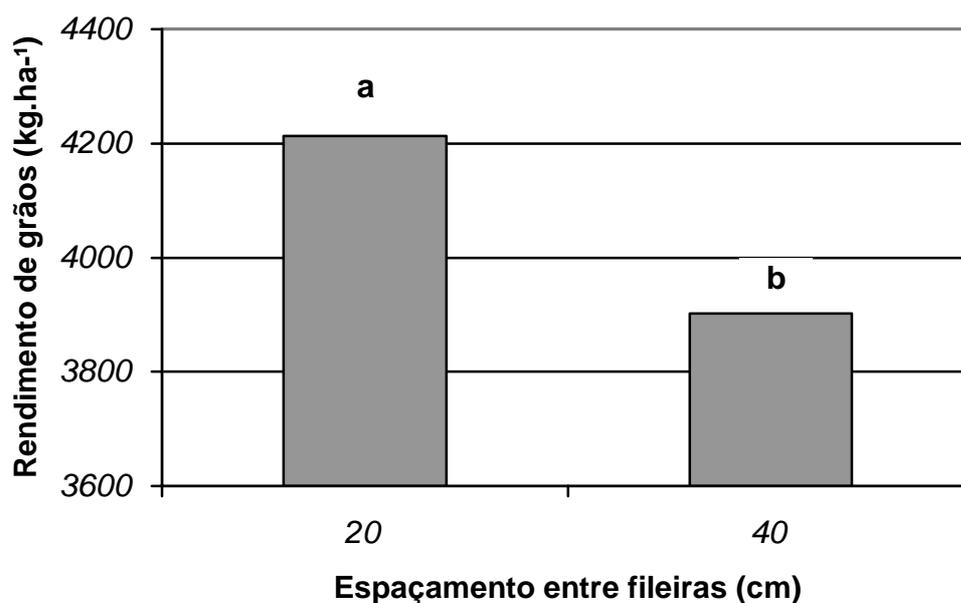


FIGURA 2.3: Rendimento de grãos da soja em R8, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

A redução do potencial de rendimento entre os estádios R2 e R5, que corresponde ao abortamento de flores, foi de 37% no espaçamento entre fileiras

de 20 cm e 30% no de 40 cm. De R2 para R8 ocorreram reduções de 72 e 76%, respectivamente, para os espaçamentos de 20 e 40 cm. Quando se considera os valores do potencial do estádio R5 como 100% na comparação com R8, pode ser verificado reduções da ordem de 57% (5.510 kg.ha^{-1}) no espaçamento de 20 cm e 66% (7.455 kg.ha^{-1}) no de 40 cm (Figura 2.4). A redução do espaçamento entre fileiras, considerando-se uma mesma população, distribui melhor as plantas na área, reduzindo a interferência intraespecífica, aumenta o rendimento de grãos (Taylor, 1980; Udoguchi & McClound, 1987; Ethredge et al., 1989; Board et al., 1992; Pires et al., 1998; Thomas et al., 1998; Ventimiglia et al., 1999; Pires et al., 2000) associado a outros fatores, como o melhor uso da água, melhor distribuição de raízes, redução da competição intraespecífica, maior habilidade na competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo, e maior interceptação da radiação solar. A penetração de luz no interior do dossel das plantas é considerada o principal fator limitante para o aumento do rendimento da soja (Sinclair, 1994).

Entre os componentes do rendimento avaliados, para o espaçamento entre fileiras, observou-se que o número de legumes férteis por área apresentou diferença significativa entre 20 e 40 cm. Houve aumento no rendimento de grãos quando o espaçamento entre fileiras foi menor, podendo ter sido influenciado pela maior interceptação de luz, durante a formação de legumes, e não, necessariamente, ao maior índice de área foliar e matéria seca produzida durante os estádios vegetativos e reprodutivos, como menciona Taylor (1980). Reduzindo-se o espaçamento de 40 para 20 cm, o número de legumes férteis por área aumentou (Tabela 2.5), mas o número de grãos por legume (Tabela 2.6) e o peso de 100 grãos (Tabela 2.7) não se alteraram.

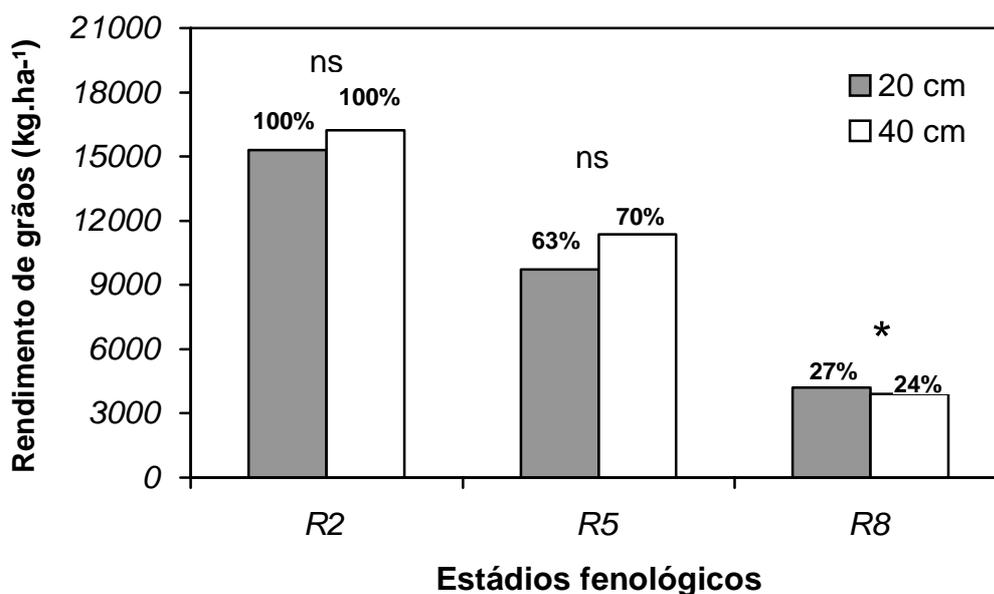


FIGURA 2.4: Estimativa do potencial de rendimento e rendimento de grãos da soja, em três estádios de desenvolvimento, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003. R2 = Florescimento pleno; R5 = Início do enchimento de grãos; R8 = Maturação. ^{ns} - Não significativo a 5% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 2.5: Número de legumes férteis por m² da cultivar de soja Fundacep 39, no caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Legumes por m ²	Espaçamento entre fileiras		CV (%)
	20 cm	40 cm	
Ramos	861 ^{ns}	789	52,6
Caule	684 a*	600 b	16,2
Planta inteira	1546 a*	1390 b	31,8

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

A maior capacidade de demanda de fotoassimilados, representada pelo acréscimo no número de legumes férteis por área, da população de plantas com espaçamento entre fileiras reduzido, aliada ao melhor aproveitamento da radiação incidente, faz com que o rendimento de grãos seja superior aquele obtido em plantas com espaçamento entre fileiras maiores (Udoguchi & McCloud, 1987).

TABELA 2.6: Número de grãos por legume da cultivar de soja Fundacep 39, em caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Grãos por legume	Espaçamento entre fileiras		CV (%)
	20 cm	40 cm	
Ramos	2,05 ^{ns}	2,01	5,7
Caule	1,96 ^{ns}	1,92	5,2
Planta inteira	2,00 ^{ns}	1,96	5,4

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

TABELA 2.7: Número de legumes férteis por m² da cultivar de soja Fundacep 39, no caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Peso de 100 grãos	Espaçamento entre fileiras		CV (%)
	20 cm	40 cm	
Ramos	17,66 ^{ns}	17,62	3,9
Caule	17,81 ^{ns}	17,74	4,3
Planta inteira	17,74 ^{ns}	17,68	3,4

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Analisando o número de legumes férteis por m², produzidos pelas partes da planta, percebe-se que o caule apresentou diferença significativa, entre os dois espaçamentos entre fileiras. A maior contribuição de legumes férteis por m² de 12% possibilitou que o espaçamento de 20 cm se destacasse quando comparado ao de 40 cm. Já quando somou-se o número de legumes férteis em caule e ramos, observou-se que o número de legumes no espaçamento de 20 cm foi cerca de 10% maior (156 legumes férteis) ao espaçamento de 40 cm.

O número de legumes por área foi o componente que apresentou maior plasticidade, com capacidade de responder as condições ambientais e práticas de manejo, o que lhe atribui maior importância, dentre os componentes, para a formação do rendimento, uma vez que o número de grãos por legume e peso do grão apresentam menor amplitude de variação (Board et al., 1992; Cooperative...,1994). Portanto, o rendimento de grãos em R8 é resultado da soma dos efeitos dos fatores combinados, da produção e fixação de estruturas reprodutivas.

2.6. CONCLUSÕES

- O rendimento de grãos de soja é maior quando se reduz o espaçamento entre fileiras de 40 para 20 cm, pelo aumento no número de legumes férteis por área.
- O controle de plantas daninhas é uma prática que evita a interferência e, conseqüentemente, perda de rendimento de grãos.

- O controle de plantas daninhas beneficia a expressão do número de grãos por legume, componente importante na formação e determinação do rendimento de grãos da soja.

CAPÍTULO III

RENDIMENTO DE GRÃOS E MODIFICAÇÕES NOS COMPONENTES DO RENDIMENTO DA SOJA POR EFEITO DO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS, ARRANJO DE PLANTAS E ADUBAÇÃO.^{1/}

Autor: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Orientador: José Antonio Costa

3.1. RESUMO

Os componentes do rendimento são ferramentas importantes para avaliar com mais detalhes o comportamento da soja submetida a práticas de manejo. Esse trabalho teve como objetivo determinar o efeito da competição com plantas daninhas e do arranjo de plantas sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento da soja, em níveis de adubação. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola 2002/2003. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas, e quatro repetições. Os tratamentos constaram de dois manejos de plantas daninhas (com e sem controle), dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm), e três níveis de adubação (sem adubação, metade da indicação e a dose indicada). As avaliações foram efetuadas em dez plantas, previamente marcadas, em cada sub-subparcela, onde foi determinado o número de estruturas reprodutivas em R2 (florescimento pleno) e R5 (início do enchimento de grãos), número de legumes, número de grãos, peso de grãos e, posteriormente, foi feito o cálculo do número de grãos por legume e peso de 100 grãos, ambos em R8 (maturação). Na colheita, de 4 m² por sub-subparcela, foi quantificado o rendimento de grãos. A partir dos componentes foi calculado o rendimento de grãos. O número de estruturas reprodutivas em R2 (flores) e R5 (legumes), o número de nós férteis e ramos por m², e nós por ramo, não diferiram nos tratamentos. Nas determinações em R8, os componentes (legumes por m², grãos por legume e peso de 100 grãos) e o rendimento de grãos apresentaram-se superiores nos tratamentos com controle de plantas daninhas e no espaçamento de 20 cm entre fileiras.

^{1/} Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (79p.) Maio, 2004.

GRAIN YIELD AND MODIFICATIONS IN YIELD COMPONENTS OF SOYBEAN AFFECTED BY WEED CONTROL, PLANT ARRANGEMENT AND FERTILIZATION.^{1/}

Author: Luis Artur Tonelotto Saraiva
Adviser: José Antonio Costa

3.2. ABSTRACT

The determination of the yield components is an important tool for the evaluation with more details of the soybean behavior to management practices. The objective of this work was to determine the effect of weed competition and plant arrangement on soybean grain yield and yield components, in fertility levels. The experiment was performed at the Estação Experimental Agronômica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), in Eldorado do Sul, RS, during the growing season 2002/2003. The experimental design was a randomized complete block, in a split split-plot, and four replications. The treatments were weed management (with and without control), row spacing (20 and 40 cm), and fertility levels (without fertilization, half of the indication and the indication). The evaluations were in ten marked plants, in each replication, where was determined the number of reproductive structures in R2 (flowering) and R5 (begining of pod filling), pod, seed number and seed weight, seeds per pod and 100 seed weight were calculated at maturity (R8). At harvest, grain yield was determined by harvesting an area of 4 m². Based on the yield components, yield was calculated. The number of reproductive structures in R2 (flowers) and in R5 (pods), number of fertile nodes, branches per m² and nodes per branch did not differ in the treatments. In R8, the yield components (pods per m², seed per pod and 100 seed weight) and grain yield were higher with weed control and in the row spacing of 20 cm.

^{1/} Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (79p.) May, 2004.

3.3. INTRODUÇÃO

O rendimento de grãos é o resultado da combinação dos seus componentes. Esses são determinados a partir de amostragens representativas da comunidade de plantas da área. A resposta, em rendimento, devido aos tratamentos, pode ser melhor entendida pelo exame dos componentes do rendimento.

Os componentes do rendimento variam em função das práticas de manejo empregadas para maximizar o desempenho dos materiais genéticos disponíveis, sendo representados pelo número de plantas por área, que é estabelecido no momento da implantação da cultura, número de legumes por unidade de área, número de grãos por legume e peso do grão. Os dois últimos apresentam maior controle genético, embora exista amplitude de variação de acordo com as condições as quais a cultura é submetida (Cooperative...,1994). O número de legumes por área é o componente mais importante na determinação do rendimento e que apresenta a maior maleabilidade, dependendo diretamente da capacidade de produção e fixação de estruturas reprodutivas (flores e legumes) e dos fatores ambientais aos quais a cultura é exposta (Udoguchi & McCloud, 1987).

Uma característica importante da soja é a grande plasticidade, o que lhe confere capacidade de modificar a arquitetura das plantas, para adaptar-se às situações encontradas durante o ciclo. Isso se reflete, diretamente, no tipo de resposta de seus componentes e, conseqüentemente, no rendimento de grãos.

Há várias formas de expressar os componentes do rendimento, de forma simples ou mais detalhada; em ambas é possível determinar o rendimento de grãos que poderá ser alcançado, por meio de cálculo. O rendimento estimado

possibilita a quantificação dos efeitos de fatores bióticos e abióticos no rendimento de grãos, de maneira que esses problemas sejam minimizados e que a perda de rendimento não se eleve.

Esse trabalho teve por objetivo determinar o efeito da competição com plantas daninhas e do arranjo de plantas sobre o rendimento de grãos e componentes do rendimento da soja, em níveis de adubação.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada na região fisiográfica da Depressão Central, município de Eldorado do Sul, distante 60 km de Porto Alegre, RS, no ano agrícola 2002/2003. O clima e o solo da região, e demais informações sobre o experimento como delineamento experimental, tratamentos, fatores, dimensões das unidades experimentais, cultivar, práticas culturais, dados meteorológicos e caracterização dos estádios fenológicos da soja, seguem o descrito no Capítulo I (p.11-14).

As determinações do número de legumes, número de nós e número de ramos foi efetuada em R8 (maturação), por meio da contagem do número total em dez plantas marcadas, por tratamento, na área útil e transformado para valores por m². O número de grãos por legume foi calculado dividindo-se o número de grãos pela quantidade de legumes férteis encontrados na amostra. O peso de 100 grãos foi obtido pela pesagem de quatro amostras de 100 grãos provenientes das dez plantas coletadas na área útil de cada sub-subparcela.

O rendimento de grãos da parcela (kg.ha⁻¹) foi obtido por meio da colheita de 4 m² de cada sub-subparcela, como descrito no Capítulo I (p.15). Já o

rendimento de grãos calculado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi determinado a partir dos componentes do rendimento, legumes férteis por m^2 , grãos por legume e peso de 100 grãos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância, pelo teste F à 5%, e as diferenças entre médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos (temperatura, precipitação pluvial, radiação solar global) e o balanço hídrico podem ser observados no Capítulo I - Figuras 1.1, 1.2 e 1.3.

O rendimento de grãos é o resultado da combinação entre os seus componentes que respondem as condições do ambiente e das práticas de manejo. Pela determinação dos componentes foi possível estimar o rendimento de grãos que poderia ter sido alcançado se não houvesse perdas devido a fatores bióticos e abióticos.

Na média dos tratamentos, o rendimento de grãos foi de $4.058 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, (Tabela 1.1 - Capítulo I), sendo 6,7 e 8% maior nos tratamentos com controle de plantas daninhas e no espaçamento de 20 cm, respectivamente, quando comparado ao sem controle e ao espaçamento de 40 cm entre fileiras.

Os dados obtidos a partir das amostragens em R8 (maturação) mostraram que o nível de adubação não apresentou diferença significativa para o rendimento de grãos e componentes do rendimento.

Na Figura 2.1 (Capítulo II) é possível verificar o desempenho da cultivar quanto ao potencial de produzir estruturas reprodutivas no estágio R2 (flores), apresentando 34 e 73% mais estruturas reprodutivas do que nos estádios R5 e

R8, respectivamente. Isso demonstra a ocorrência de perda dessas estruturas, mesmo em condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

O número de legumes férteis por m² mostrou resposta diferenciada, no estádio R8, no espaçamento entre fileiras, com 156 legumes a mais para o espaçamento de 20 cm (Tabela 2.1 - Capítulo II). Esse componente é considerado de maior importância na formação do rendimento já que é o que mais se modifica pela utilização de práticas de manejo, uma vez que os outros componentes (grãos por legume e peso do grão) possuem menor amplitude de variação (Cooperative..., 1994). Com a diminuição da interferência de plantas daninhas e/ou com a redução do espaçamento entre fileiras é possível que haja melhor aproveitamento da radiação incidente (Hicks et al., 1969) e dos recursos do ambiente (água e nutrientes) (Costa, 1996), fazendo com que o rendimento de grãos seja superior ao obtido em plantas que se encontram em condições de competição.

O número de legumes férteis por planta foi separado de acordo com a sua localização no caule ou nos ramos (Tabela 3.1). A diferença observada no caule e na planta inteira para legumes com três grãos no tratamento com controle de plantas daninhas não foi suficiente para que se refletisse em diferença no número de legumes férteis totais na planta inteira por área. Isso demonstra que o efeito da interferência de plantas daninhas não foi significativo a ponto de prejudicar a manutenção dessas estruturas reprodutivas, esse comportamento pode ter ocorrido devido a infestação de plantas daninhas não ter iniciado desde a emergência da soja. Dessa forma a cultura teve um arranque inicial sem interferência se beneficiando de recursos do ambiente. Esse fato foi relatado por Knake & Slife (1961) e Hagood et al. (1980) que verificaram diminuição do

número de legumes férteis com o incremento na densidade de plantas daninhas na área cultivada quando essas emergiram simultaneamente.

TABELA 3.1: Número de legumes férteis por m² com um, dois e três grãos e totais da cultivar de soja Fundacep 39, em R8**, no caule, ramos e na planta inteira, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Legumes por m ² com um, dois, três grãos e totais	Manejo de plantas daninhas		CV (%)	
	Sem controle	Com controle		
Caule	um grão	137 ^{ns}	127	31,1
	dois grãos	369 ^{ns}	342	19,5
	três grãos	133 b	176 a*	23,7
	TOTAL	639 ^{ns}	645	16,2
Ramos	um grão	195 ^{ns}	181	42,0
	dois grãos	473 ^{ns}	482	53,4
	três grãos	147 ^{ns}	172	72,3
	TOTAL	815 ^{ns}	835	52,6
Planta inteira	um grão	332 ^{ns}	308	27,2
	dois grãos	842 ^{ns}	824	32,8
	três grãos	280 b	348 a	42,8
	TOTAL	1455 ^{ns}	1480	31,8

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

**R8 = Maturação.

CV = Coeficiente de variação.

O número de grãos por legume (Tabela 2.3 - Capítulo II), que também influencia, de forma direta, o rendimento de grãos, com controle de plantas daninhas apresentou maior valor para essa variável no caule e na planta inteira do que o sem controle, da ordem de 4%.

Analisando o peso de 100 grãos (Tabela 3.2), observa-se maior contribuição dos ramos nesse componente, apresentando diferença significativa, em legumes com dois grãos. O tratamento com controle de plantas daninhas apresentou 0,58g (3%) a mais no peso de 100 grãos nos ramos e 0,39g (2%) na planta inteira, ambos para legumes com dois grãos, quando comparado ao tratamento sem controle. Mas esse maior peso do grão não foi suficiente para que, na média, o peso de 100 grãos na planta inteira fosse diferente.

Mesmo esses componentes apresentando pequena variação, Hagood et al. (1980) verificaram a redução no número de legumes e grãos à medida que houve incremento na densidade de plantas daninhas. Já Knake & Slife (1961) não observaram efeito significativo da infestação de plantas daninhas sobre o número de grãos por legume ou peso de 100 grãos.

Na combinação desses componentes do rendimento é possível determinar o rendimento que poderia ser alcançado em cada tratamento e em cada posição na planta. Dessa forma chegamos ao rendimento de grãos calculado de maneira detalhada e/ou simples.

TABELA 3.2: Peso de 100 grãos (g), a 13% de umidade, de legumes com um, dois e três grãos no caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja Fundacep 39, em R8**, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Legumes com um, dois e três grãos.	Manejo de plantas daninhas		CV (%)	
	Sem controle	Com controle		
Caule	um grão	17,63 ^{ns}	17,81	5,5
	dois grãos	17,87 ^{ns}	18,07	4,4
	três grãos	17,57 ^{ns}	17,73	4,4
	MÉDIA	17,69 ^{ns}	17,87	4,3
Ramos	um grão	17,29 ^{ns}	17,83	5,4
	dois grãos	17,66 ^b	18,24 ^{a*}	4,1
	três grãos	17,24 ^{ns}	17,59	5,7
	MÉDIA	17,39 ^b	17,88 ^a	3,9
Planta inteira	um grão	17,46 ^{ns}	17,81	4,6
	dois grãos	17,77 ^b	18,16 ^a	3,5
	três grãos	17,41 ^{ns}	17,66	3,9
	MÉDIA	17,54 ^{ns}	17,87	3,4

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

**R8 = Maturação.

CV = Coeficiente de variação.

Da forma detalhada (Tabela 3.3), onde se utiliza para o cálculo o número de legumes férteis por m² com um, dois e três grãos, e seu respectivo peso de 100 grãos, é possível verificar que o rendimento calculado chegou a 5.438 kg.ha⁻¹, no tratamento com controle de plantas daninhas, sendo que os ramos contribuíram com 56% (3.035 kg.ha⁻¹) desse rendimento. Para o tratamento sem controle o rendimento calculado foi 6,4% inferior, com contribuição de ramos da ordem de 55% (2.779 kg.ha⁻¹). Mesmo com essa amplitude de valores não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Segundo Thomas (1992), utilizando outra cultivar, os ramos contribuiriam com até 70% do rendimento de grãos da soja, e que o número de ramificações por planta e seu desenvolvimento está correlacionado com a competição por fatores do meio como água, luz e nutrientes.

TABELA 3.3: Rendimento de grãos de soja da cultivar Fundacep 39 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) calculado em caule, ramos e na planta inteira, a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos) em legumes com um, dois e três grãos, no estágio R8*, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Manejo de plantas daninhas	Parte da planta	Rendimento de grãos em legumes com ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)			Rendimento de grãos calculado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
		1 grão	2 grãos	3 grãos	
Com controle	caule	226	1236	936	2398 ^{ns}
	ramos	323	1758	955	3035 ^{ns}
	planta inteira	548	2993	1897	5438^{ns}
Sem controle	caule	251	1319	741	2311
	ramos	345	1674	760	2779
	planta inteira	597	2992	1501	5090

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

*R8 = maturação

Quando o rendimento de grãos é calculado por meio da média de cada componente (Tabela 3.4), observa-se que o componente que se destacou foi o número de grãos por legume, com 2,01 para o tratamento com controle de plantas daninhas, aproximadamente 4% maior do que o sem controle.

Na combinação desses componentes (Tabela 3.4), verificou-se diminuição do rendimento de grãos para 5.247 e 5.016 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para os tratamentos com e sem controle de plantas daninhas, respectivamente. Mesmo

com essa diminuição da ordem de 3,5% para com controle e 1,5% para sem controle, percebe-se que à medida que se detalham mais os componentes para o cálculo do rendimento, é possível determinar com maior precisão o desempenho da cultivar por tratamento.

TABELA 3.4: Componentes do rendimento e rendimento de grãos calculado de soja da cultivar Fundacep 39, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Componente do rendimento	Manejo de plantas daninhas		CV (%)
	Com controle	Sem controle	
Legumes férteis/m ²	1.480 ^{ns}	1.455	31,8
Grãos/legume fértil	2,01 a*	1,94 b	5,4
Peso de 100 grãos (g)	17,64 ^{ns}	17,77	3,4
Rendimento calculado (kg.ha ⁻¹)	5.247 ^{ns}	5.016	22,3

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Comparando-se os três rendimentos (Tabela 3.5) pode-se visualizar que a diferença de rendimento de grãos entre o obtido na parcela e o calculado se situou em torno de 30%. Quanto mais detalhado for o levantamento desses componentes maior será a possibilidade de determinar onde ocorre o efeito de cada tratamento. A diferença observada entre o rendimento calculado e o colhido na parcela, são devidas as perdas que poderão ocorrer na colheita, principalmente, na trilha. Este resultado sugere que quando se avalia o rendimento de uma área de soja através de amostragens e se procede o cálculo do rendimento através dos componentes, deve-se fazer desconto ao redor de 30% para chegar mais próximo do rendimento real.

TABELA 3.5: Comparação entre os rendimentos de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de soja da cultivar Fundacep 39, calculados a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos, em legumes com um, dois e três grãos) (Tabelas 3.3 e 3.4) e o rendimento da parcela (Tabela 1.1 - Capítulo I), em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Manejo de plantas daninhas		CV (%)
	Com controle	Sem controle	
Calculado (Tabela 3.3)	5.438 ^{ns} (129%)*	5.090 (130%)	34,9
Calculado (Tabela 3.4)	5.247 ^{ns} (125%)	5.016 (128%)	22,3
Parcela (Tabela 1.1)	4.200 a* (100%)	3.916 b (100%)	12,9

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Com a utilização de práticas de manejo indicadas pela pesquisa é possível alcançar melhor desempenho da cultivar. Esses rendimentos são determinados basicamente pelo número médio de plantas por área, de legumes por área, de grãos por legume e peso médio do grão. Dessa forma, a maximização do rendimento de grãos de soja depende da capacidade das plantas da comunidade acumularem um mínimo de massa seca (Egli et al., 1987) e/ou da capacidade de maximizarem a interceptação de radiação, o mais cedo possível, na fase vegetativa e no início da fase reprodutiva (Wells, 1993).

Outros componentes do rendimento, que também influenciam de forma direta ou indireta tanto os componentes, legumes por m^2 , grãos por legume e peso do grão, quanto o rendimento de grãos, são número de nós férteis, número de ramos e número de nós por ramo (Tabela 3.6).

TABELA 3.6: Número de nós férteis em caule e ramos, número de ramos e nós por ramo da cultivar de soja Fundacep 39, no estágio R8*, em dois manejos de plantas daninhas, na média de dois espaçamentos entre fileiras e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Manejo de plantas daninhas	nós férteis.m ⁻²		ramos.m ⁻²	nós.ramo ⁻¹
	caule	ramos		
Com controle	300 ^{ns}	542 ^{ns}	109 ^{ns}	4,81 ^{ns}
Sem controle	319	490	101	4,68
MÉDIA	309	516	105	4,74
CV (%)	17,0	41,8	32,9	16,9

^{ns} - não significativa ao nível de 5% de probabilidade.

* R8 = maturação.

CV = Coeficiente de variação.

A análise desses componentes mostra que não há variação com e sem controle de plantas daninhas, o que indica que ambos os tratamentos proporcionam sítios de frutificação de forma similar.

A redução do espaçamento entre fileiras resulta em melhor distribuição das plantas na área, diminuindo a competição intraespecífica, pela maior aproximação da equidistância entre as plantas. Segundo Duncan (1986), na mesma população de plantas, ocorre maior competição, devido ao sombreamento, em espaçamentos largos, onde as plantas estão mais próximas na fileira, do que em espaçamentos estreitos.

O maior rendimento de grãos da soja (Tabela 1.1 - Capítulo I) observado no espaçamento de 20 cm (4.213 kg.ha⁻¹), foi 7,4% superior ao rendimento alcançado no espaçamento de 40 cm (3.902 kg.ha⁻¹), está associado a maior interceptação de luz no dossel da planta, proporcionado pela melhor distribuição das plantas na área, nos arranjos com espaçamentos reduzidos, e da maior habilidade competitiva. Isso pode ser confirmado por outros trabalhos

(Taylor, 1980; Udoguchi & McClound, 1987; Ethredge et al., 1989; Board et al., 1992; Pires et al., 1998; Thomas et al., 1998; Ventimiglia et al., 1999; Pires et al., 2000) que também mostraram acréscimo no rendimento de grãos pela redução do espaçamento entre fileiras.

Na formação do rendimento, verificou-se que o número de legumes férteis totais por m² apresentou diferença significativa entre 20 e 40 cm. Segundo Taylor (1980), a diminuição do espaçamento entre fileiras possibilita maior interceptação de luz, durante a formação de legumes, influenciando o rendimento de grãos da soja. O que concorda com a afirmação de Board et al. (1990), Board & Tan (1995) e Board & Harville (1996) que destacam o arranjo e a população de plantas, como fatores importantes para a formação do rendimento, influenciando diretamente os componentes do rendimento, pela alteração da taxa de crescimento da cultura (TCC) e a interceptação de luz durante o desenvolvimento da soja.

Reduzindo-se o espaçamento de 40 para 20 cm, o número de legumes férteis por área aumentou (Tabela 3.7), mas o número de grãos por legume (Tabela 2.6 - Capítulo II) e o peso de 100 grãos (Tabela 2.7 - Capítulo II) não mostraram diferença significativa entre os espaçamentos. Comportamento similar foi relatado por Udoguchi & McClound (1987) que mencionam a maior capacidade de demanda de fotoassimilados, representada pelo acréscimo no número de legumes por área, da população de plantas com espaçamento entre fileiras estreito, aliada ao melhor aproveitamento da radiação incidente, fazendo com que o rendimento de grãos seja superior aquele obtido em plantas com maior espaçamento entre fileiras.

TABELA 3.7: Número de legumes férteis por m² com um, dois, três grãos e totais de soja da cultivar Fundacep 39, em caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Legumes férteis por m ²	Espaçamento entre fileiras		CV (%)	
	20 cm	40 cm		
Ramos	um grão	187 ^{ns}	170	42,0
	dois grãos	503 ^{ns}	470	53,4
	três grãos	171 ^{ns}	150	72,3
	TOTAL	861 ^{ns}	789	52,6
Caule	um grão	131 ^{ns}	134	31,1
	dois grãos	381 a*	329 b	19,5
	três grãos	172 a	137 b	23,7
	TOTAL	684 a*	600 b	16,2
Planta inteira	um grão	318 ^{ns}	304	27,2
	dois grãos	884 a	799 b	32,8
	três grãos	343 a	287 b	42,8
	TOTAL	1546 a*	1390 b	31,8

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Em relação ao número de legumes férteis por m², os ramos não apresentaram diferença nos espaçamentos de 20 e 40 cm. Já no caule houve diferença entre os espaçamentos, para o número de legumes com dois e três grãos, os mesmos observados na planta inteira. Essa maior contribuição foi responsável pelo aumento do número de legumes férteis totais por área observado no espaçamento de 20 cm, com 156 legumes a mais do que o de 40 cm.

Quando o número de legumes por área, grãos por legume e peso do grão foram utilizados para cálculo do rendimento verificou-se que o rendimento de

grãos que poderia ter sido alcançado (Tabela 3.8), no espaçamento de 20 cm, foi 7,4% maior do que em 40 cm. A contribuição dos ramos foi de 53 e 58% para 20 e 40 cm, respectivamente.

TABELA 3.8: Rendimento de grãos de soja ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cultivar Fundacep 39, calculado a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos) em legumes com um, dois e três grãos, no caule, ramos e na planta inteira, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Espaçamento entre fileiras	Parte da planta	Rendimento de grãos em legumes			Rendimento de grãos calculado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
		1 grão	2 grãos	3 grãos	
20 cm	caule	251	1390	935	2576 a*
	ramos	341	1654	908	2904 ^{ns}
	planta inteira	592	3044	1843	5480^{ns}
40 cm	caule	227	1181	722	2129 b
	ramos	327	1794	825	2946
	planta inteira	554	2976	1547	5075

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A maior contribuição do caule em 20 cm, foi devido ao maior número de legumes com dois e três grãos por m^2 (Tabela 3.7). Esse maior número de legumes por m^2 obtido com a redução do espaçamento reforça a teoria de maior interceptação de radiação (Taylor, 1980; Board & Harville, 1996; Board et al., 1992) no espaçamento estreito durante o período vegetativo e reprodutivo inicial e, conseqüentemente, maior capacidade de fornecimento de assimilados para as estruturas reprodutivas, com isso gerando maior rendimento de grãos (Portes, 1988).

O rendimento de grãos calculado a partir das médias dos componentes chega-se aos valores da Tabela 3.9, onde o rendimento no espaçamento de 20 cm foi 12% maior do que o de 40 cm. Para o rendimento de grãos da parcela observou-se a diferença significativa entre os tratamentos de, aproximadamente, 7% entre os espaçamentos de 20 cm e 40 cm. Esses valores quando comparados com o rendimento de grãos calculados apresentados na Tabela 3.10, mostra diferença de rendimento da ordem de 30% tanto para 20 cm quanto para 40 cm. Mas é importante que se considerarmos perdas ocorridas durante a trilha da soja, da ordem de 30%, observa-se que o rendimento de grãos da parcela é semelhante ao obtido a partir do cálculo através dos componentes do rendimento.

TABELA 3.9: Componentes do rendimento e rendimento de grãos de soja calculado, da cultivar Fundacep 39, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Componente do rendimento	Espaçamento entre fileiras		CV (%)
	20 cm	40 cm	
Legumes férteis/m ²	1546 a*	1390 b	31,8
grãos/legume fértil	2,0 ^{ns}	1,96	5,4
Peso de 100 grãos (g)	17,74 ^{ns}	17,68	3,4
Rendimento calculado (kg.ha ⁻¹)	5475 a	4816 b	22,3

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

TABELA 3.10: Comparação entre os rendimentos de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) calculados a partir dos componentes do rendimento (legumes/ m^2 e peso de 100 grãos, em legumes com um, dois e três grãos) (Tabela 3.8 e 3.9) e o rendimento da parcela (Tabela 1.1 - Capítulo I), em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Espaçamento entre fileiras		CV (%)
	20 cm	40 cm	
Calculado (Tabela 3.8)	5480 ^{ns} (130%)	5075 (130%)	34,9
Calculado (Tabela 3.9)	5467 a* (130%)	4833 b (124%)	22,3
Parcela (Tabela 1.1)	4213 a (100%)	3902 b (100%)	12,9

^{ns} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Quanto ao número de nós férteis por m^2 , em caule e ramos, número de ramos por m^2 e nós por ramo (Tabela 3.11), não houve diferença significativa entre os espaçamentos entre fileiras, o que novamente pode-se considerar que ambos os tratamentos proporcionam sítios de frutificação de forma similar.

TABELA 3.11: Número de nós férteis em caule e ramos, número de ramos e nós por ramo da cultivar Fundacep 39, no estágio R8*, em dois espaçamentos entre fileiras, na média de dois manejos de plantas daninhas e três níveis de adubação. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002/2003.

Espaçamento entre fileiras	nós férteis. m^{-2}		ramos. m^{-2}	nós.ramo ⁻¹
	caule	ramos		
20 cm	297 ^{ns}	492 ^{ns}	100 ^{ns}	4,67 ^{ns}
40 cm	321	540	111	4,82
MÉDIA	309	516	105	4,74
CV (%)	17,0	41,8	32,9	16,9

^{ns} - não significativa ao nível de 5% de probabilidade.

* R8 = maturação

CV = Coeficiente de variação.

3.6. CONCLUSÕES

- O rendimento de grãos da soja é aumentado quando se reduz o espaçamento entre fileiras, pela maior contribuição do número de legumes férteis por área.
- A partir do rendimento de grãos calculado é possível determinar que os ramos contribuíram com, aproximadamente, 55% do rendimento verificado na planta inteira, tanto na média dos manejos de plantas daninhas quanto nos espaçamentos entre fileiras.
- A estimativa do rendimento de grãos da soja através da amostragem e pelo cálculo a partir dos componentes do rendimento superestima o rendimento da parcela em torno de 30%.

CONCLUSÕES GERAIS

Na realização do experimento foi possível avaliar o comportamento da soja sob práticas de manejo como o controle de plantas daninhas e adubação, além da adoção de espaçamento entre fileiras reduzido.

A análise de características, como potencial e componentes do rendimento, que influenciam diretamente o rendimento de grãos da soja é importante para demonstrar a maleabilidade dessas variáveis em diferentes situações de manejo. Essa alta plasticidade que a soja possui, adaptando-se as várias condições de ambiente por mudanças na arquitetura das plantas, flexibiliza as respostas em rendimento. O crescimento da soja também é modificado por práticas de manejo que exijam comportamento diferenciado das plantas.

A soja, sob interferência de plantas daninhas, reduz o rendimento de grãos pelo efeito direto de diminuição do número de grãos por legume.

A modificação do arranjo de plantas, por meio da redução do espaçamento entre fileiras, além de auxiliar no controle de plantas daninhas, possibilita melhor distribuição das plantas na área e interceptação da radiação, beneficiando o crescimento, os componentes de formação do rendimento e, conseqüentemente, aumento do rendimento de grãos.

A análise da soja através da separação das estruturas reprodutivas em caule e ramos, possibilita, ainda, verificar a importância de cada local na formação

do rendimento, pois podem modular a produção por área, já que apresentam comportamento plástico.

A característica da plasticidade presente na soja tem caráter positivo respondendo às modificações provocadas por práticas culturais, podendo facilitar a tomada de decisão em relação ao manejo da lavoura em busca de rendimentos elevados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTZ, H.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, New York, v.28, p.161-217, 1976.
- BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p.25-32.
- BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 78p.
- BISOTTO, V.; FARIAS, A.D. Algumas considerações sobre a cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 31., 2003, Porto Alegre. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2003/2004**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p.118-136.
- BLACKMAN, G.E.; TEMPLEMAN, W.G. The nature of competition between cereal crops and annual weeds. **The Journal of Agricultural Science**, London, v.28, n.14, p.247-271, 1938.
- BLANCO, H.G. et al. Observações sobre o período em que as plantas daninhas competem com a soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **O Biológico**, São Paulo, v.39, n.2, p.31-35, 1973.
- BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G.; SAXTON, A.M. Narrow-row seed-yield enhancement in determine soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.64-68, 1990.
- BOARD, J.E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B.G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.
- BOARD, J.E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p.846-851, 1995.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, v.88, n.4, p.567-572, 1996.

BOARD, J.E.; ZHANG, W.; HARVILLE, B.G. Yield rankings for soybean cultivars grown in narrow and widerows with late planting dates. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.2, p.240-245, 1996.

BOOTE, K.J.; TOLLENAAR, M. Modeling genetic yield potential. In: BOOTE, K.J. (Ed.) **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1994. p.533-545.

BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, Baltimore, v.46, n.2, p.233-235, 1970.

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, 1998.

BURNSIDE, O.C.; COLVILLE, W.L. Soybean and weed yields as affected by irrigation, row spacing, tillage and amiben. **Weeds**, Urbana, v.12, n.2, p.109-112, 1964.

BURROWS, V.D.; OLSON, P.J. Reaction of small grains to various densities of wild mustard and the results obtained after their removal with 2,4-D or by hand. **Canadian Journal Agronomy Science**, Ottawa, v.35, p.68-75, 1955.

COOPER, R.L.; JEFFERS, D.L. Use of nitrogen stress to demonstrate the effects of yield limiting factors on the yield response of soybean to narrow row systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.2, p.257-259, 1984.

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

COSTA, J.A. Mapeamento de plantas: uma opção de manejo para altos rendimentos de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 21., 1993, Santa Rosa. **Ata e Resumos...** Porto Alegre: CIENTEC: IPAGRO, 1993. p.192.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Ed. autor, 1996. 233p.

COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargil, 1982. 30p.

COSTA, J.A.; TEIXEIRA, M.C.C.; MARCHEZAN, E. Taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com o rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1577-1582, 1991.

CUNHA, G.R. Balanço hídrico climático. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p.63-84.

CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p.85-97.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1986. 193p.

DUNCAN, W.G. Planting patterns and soybean yield. **Crop Science**, Madison, v.26, n.3, p.584-588, 1986.

EGLI, D.B.; GUFFY, R.B.; HEITHOLD, J.J. Factors associated with reduced yields of delayed plantings of soybeans. **Agronomy Journal & Crop Science**, Madison, v.159, n.3, p.176-185, 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.

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, 1989.

EVANS, L.T. Processes, genes and yield potential. In: BUXTON, D.R. et al. (Ed.) **International Crop Science**. Madison: Crop Science of America, 1993. 895p.

EVANS, L.T.; FISCHER, R.A. Yield potential: its definition, measurement and significance. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1544-1551, 1999.

FERRAZ, L.C.C.B. Comportamento de diversas plantas daninhas, de ocorrência comum no estado de São Paulo, em relação a duas espécies de nematóides das galhas. **Planta Daninha**, Campinas, v.9, n.1, p.14-27, 1985.

FLECK, N.G.; CANDEMIL, C.R.G. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.27-32, 1995.

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHEL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University, 1985. 327p.

HAGOOD JR., E.S. et al. Growth analysis of soybean (*Glycine max*) in competition with velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Science**, Champaign, v.28, n.6, p.729-734, 1980.

HICKS, D.R. et al. Response of soybean plant types to planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.2, p.290-293, 1969.

IPAGRO. **Observações meteorológicas no estado do rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPAGRO, 1979. 272p. (Boletim Técnico, 3).

KNAKE, E.L.; SLIFE, F.W. Competition of *Setaria faberii* with corn and soybeans. **Weeds**, Champaign, v.10, n.1, p.26-28, 1962.

KUST, C.A.; SMITH, R.R. Interaction of linuron and row spacing for control of yellow foxtail and barnyardgrass in soybeans. **Weed Science**, Urbana, v.17, n.4, p.489-491, 1969.

LUNIN, J.; GALLATIN, M.H. Narrow-row soybeans produce top yields. **Crops and Soils**, Madison, v.12, n.7, p.10, 1960.

MARCHEZAN, E.; COSTA, J.A. Produção e fixação de flores e legumes, em três cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.129-136, 1983.

MARQUES, J.B.B.; LIN, S.S. Efeito de espaçamento entre fileiras, população de plantas e irrigação sobre o rendimento de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.5, p.733-739, 1982.

MELHORANÇA, A.L.; MESQUITA, A.N. Efeito do espaçamento e épocas de semeadura sobre o rendimento e características agronômicas da soja em Dourados, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.5, p.729-732, 1982.

MOMEN, N.M. et al. Moisture stress effects on the yield components of two soybean cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.1, p.86-90, 1979.

MOTA, F.S.da; ZAHLER, P.J.M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Mundial, 1994. 166p.

OMETO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**: balanço hídrico. São Paulo: CERES, 1981. 425p.

PANDEY, J.P.; TORRIE, J.H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Science**, Madison, v.13, n.5, p.505-507, 1973.

PIRES, J.L. **Efeito da redução do espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 1998. 94f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

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

PIRES, J.L.F. et al. Efeito 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, 2000.

PITELLI, R.A. Competição e manejo em culturas anuais. **A Granja**, Porto Alegre, n.37, p.111-113, 1981.

PORTES, T. de A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.125-156.

QUEIROZ, E.F. et al. Um modelo matemático de quantificação do efeito da disponibilidade hídrica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.10, p.683-690, 1996.

RADFORD, P.J. Growth analysis formulae - Their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, n.3, p.171-175, 1967.

RASSINI, J.B. **Efeito de estiagens sobre o desenvolvimento da planta, rendimento e qualidade da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1980. 84f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2003/2004**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 137p.

RUBIN, S.A.L. et al. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.39-42, 1995.

RUEDELL, J.; SEDIYAMA, T.; BARNI, N.A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao efeito conjugado de arranjo de plantas e herbicidas. I. Controle de plantas daninhas e rendimento de grãos. **Agronomia sulriograndense**, Porto Alegre, v.17, n.1, p.95-106, 1981.

SÁ, T.M.; ISRAEL, D.W. Nitrogen assimilation in nitrogen-fixing soybean plants during phosphorus deficiency. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p.814-820, 1995.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R. Variation among soybean cultivars in dinitrogen fixation response to drought. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.6, p.963-969, 1997.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybean. **Crop Science**, Madison, v.5, n.6, p.575-578, 1965.

SINCLAIR, T.R. Limits to crop yield? In: BOOTE, K.J. (Ed.) **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1994. p.509-532.

SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p. 274-278, 1977.

SOUZA, P.I.; EGLI, D.B.; BRUENING, W. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.5, p.807-812, 1997.

SPECHT, J.E.; HUME, D.J.; KUMUDINI, S.V. Soybean yield potential - a genetic and physiological perspective. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1560-1570, 1999.

STANIFORTH, D.W.; WEBER, C.R. Effects of annual weeds on the growth and yields of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.48, n.10, p.467-471, 1956.

STOLLER, E.W. et al. Weed interference in soybeans (*Glycine max*). In: FOY, C.L. Reviews of Weed Science. **Weed Science Society of America**, Champaign, v.35, n.1, p.155-181, 1987.

TAYLOR, H.M. Soybean growth and yield as affected by row spacing and by seasonal water supply. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.3, p.543-547, 1980.

THOMAS, A.L. **Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta à cobertura morta e à incorporação do gesso ao solo, com e sem irrigação**. 1992. 91f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.543-546, 1998.

THOMAS, A.L. et al. Rendimento de grãos de cultivares de soja de ciclo precoce, semeadas em Eldorado do Sul-RS, na safra 1998/1999, em espaçamento reduzido. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 27., 1999, Chapecó. **Ata e Resumos**. Chapecó: EPAGRI, 1999.

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

VENTIMIGLIA, L. A. **Morfogenia e fisiogenia da soja afetada pelo espaçamento entre fileiras e níveis de fósforo no solo**. 1996. 118f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

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, 1999.

VOLL, E. et al. Dinâmica da população de *Cardiospermum halicacabum* e competição com a cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.27-33, 2004.

WAX, L.M.; PENDLETON, J.W. Effect of row spacing on weed control in soybeans. **Weed Science**, Urbana, v.16, n.3, p.462-465, 1968.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.1, p. 44-48, 1993.

ZEIHER, C. et al. Cultivar differences in N redistribution in soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.2, p.375-379, 1982.

VITA

Luis Artur Tonelotto Saraiva, filho de Manoel Luiz Porciuncula Saraiva e Madilei Terezinha Tonelotto Saraiva, nasceu em 10 de julho de 1977, em São Borja, Rio Grande do Sul.

Realizou os estudos de primeiro grau na Escola Sagrado Coração de Jesus e Colégio Estadual de São Borja, completando também o segundo grau nesse último.

Iniciou o curso de graduação na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no ano de 1996, graduando-se Engenheiro Agrônomo, no ano de 2002. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, com bolsa PROPESQ, sob orientação do Prof. Miguel Dall'Agnol, durante dois anos (1998-2000), e do Departamento de Solos, com bolsa CAPES, sob orientação do Prof. Elemar Antonino Cassol, também durante dois anos (2000-2002).

Ingressou em 2002 no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Departamento de Plantas de Lavoura, na Área de Fisiologia e Manejo da Cultura da Soja, sob orientação do Prof. José Antonio Costa.