

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

**ALTERAÇÕES NA RELAÇÃO FONTE-DEMANDA NO RENDIMENTO DE  
GRÃOS E CRESCIMENTO DA SOJA**

Daniel Fagundes Sperb  
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  
Junho de 2005**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Nelson e Alethea** pelo amor, confiança, dedicação, esforço pela minha formação e, principalmente, pela amizade dispendida durante todos esses anos.

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador e amigo Prof. José Antônio Costa pelos ensinamentos irrestritos, confiança e orientação.

À minha família: irmãos, avós, tios, tias e primos em especial a meus dindos Anahy e Cláudio pelo carinho, afeto e eterna e inabalável confiança.

Aos meus avôs a quem devo a descoberta da bondade altruísta que me faz ter esperança nas pessoas e na construção de um mundo energeticamente mais positivo.

À Luka, minha namorada, a quem devo os momentos de muito amor, carinho e compreensão tão necessários para a realização de mais este objetivo.

À Neca, cunhada querida, pela revisão deste trabalho.

Aos amigos, verdadeiros irmãos.

Ao primo e amigo Roberto Raupp pelos ensinamentos agronômicos e amizade dispendida.

Aos colegas de pós-graduação em especial aos colegas de orientação Luis Artur Saraiva, Ézio Itamar Gubiani e Tatiana Fontoura pela amizade, cumplicidade e colaboração durante este período.

Aos bolsistas de iniciação científica Lucas Di napolí e Marcos Ávila pela colaboração na realização das diversas determinações realizadas.

# ALTERAÇÕES NA RELAÇÃO FONTE-DEMANDA NO RENDIMENTO DE GRÃOS E CRESCIMENTO DA SOJA<sup>1</sup>

Autor: Daniel Fagundes Sperb  
Orientador: José Antonio Costa

## RESUMO

A relação fonte-demanda rege a distribuição de assimilados pelas partes da planta e determina o potencial de rendimento (PR) da soja. Variações no ambiente da lavoura e na condição fisiológica das plantas alteram esta relação e ocasionam alterações no PR. O objetivo deste trabalho foi avaliar modificações no PR, rendimento de grãos, componentes do rendimento e no crescimento da soja, pela remoção total e instantânea da fonte (RTIF) e redução do espaçamento entre fileiras. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS, em 2003/2004, com a cultivar RS 7- Jacuí (ciclo médio, determinada) em semeadura direta. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos foram: RTIF em cinco estádios de desenvolvimento (V6-sexto nó; V9-nono nó; R2- floração; R4- legumes desenvolvidos e R5- início do enchimento de grãos) e dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm). O PR, avaliado em R2, foi reduzido com a RTIF em V6 e V9. A RTIF reduziu o PR, avaliado em R5, quando realizada em R4. O rendimento médio de grãos do experimento foi 3080kg/ha. A redução do espaçamento aumentou o rendimento de grãos pelo incremento de legumes por área, nos ramos. A RTIF reduziu o rendimento de grãos quando aplicada em V9, R2, R4 e R5, sendo este último o mais crítico. Legumes por área e peso do grão foram responsáveis pelos decréscimos. A RTIF reduziu a matéria seca e o rendimento biológico aparente (Rba) em todos os estádios, sendo R5 o mais afetado. Índice de colheita aparente (ICa) foi reduzido com RTIF em R4 e R5. A taxa de enchimento de grãos (TEG) foi menor com RTIF em R2, R4 e R5. O espaçamento reduzido elevou Rba, ICa e TEG. A compensação no rendimento de grãos, pelos componentes, com RTIF, foi devido ao incremento destes nos ramos.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (71 p.), Junho, 2005.

# ALTERATIONS IN SOURCE-SINK RELATIONSHIP ON GRAIN YIELD AND GROWTH OF SOYBEANS<sup>1</sup>

Author: Daniel Fagundes Sperb  
Adviser: José Antonio Costa

## ABSTRACT

Source-sink relationship rules the assimilate distribution by plant parts and determinates soybean potential yield. Modifications on crop production environment and plant physiology conditions alter the source-sink relationship leading to modifications on potential yield. The objective of this study was to evaluate the alterations in potential, grain yield, yield components and growth of soybean by total and instantaneous source removal (TISR) and row spacing reduction. The experiment was performed at Estação Experimental Agronômica of UFRGS, in Eldorado do Sul, RS, in the 2003/2004 growing season, with RS-7 Jacuí cultivar (mid-cycle, dererminate) in non-till. Experimental design was a split-split plot randomized complete block, with four replications. Treatments were: TISR in five stages of development (V6- sixth node; V9- ninth node; R2- full bloom; R4- developed pods and R5- beginning of seed filling) and two row spacings (20 and 40 cm). Potential yield evaluated at full bloom was reduced when TISR was applied. TISR, at beginning of seed filling, reduce potential yield when performed at R4 stage. The average grain yield was 3080 kg/ha. Row spacing reduction promoted grain yield increase by the production of more pods on branches. TISR reduce grain yield when applied at V9, R2, R4 and R5 stages, being this the critical one. Pods per area and grain weight were responsible for these decreases. TISR reduced dry matter and apparent biological yield (aBY) in all stages, being R5 the most important. Apparent harvest index (aHI) was reduced when TISR was applied at R4 and R5 stages. Seed growth rate (SGR) decreased with TISR in R2, R4 and R5 stages. Row spacing reduction increased aBY, aHI and SGR. Grain yield compensation, due to the variation in the components, with TISR, was function of the greater contribution by the branches.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (71 p.), June, 2005.

## SUMÁRIO

Página

<b>RELAÇÃO DE TABELAS</b> .....	ix
<b>RELAÇÃO DE FIGURAS</b> .....	x
<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 – A relação fonte-demanda.....	4
2.2 – Alterações na relação fonte-demanda: remoção da área foliar.....	13
2.3 – Alterações na relação fonte-demanda: espaçamento entre fileiras	17
<b>3- MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
3.1 – Local.....	21
3.2 – Solo.....	22
3.3 – Delineamento experimental e tratamentos.....	22
3.4 – Instalação e condução do experimento.....	23
3.4.1 – Adubação.....	23
3.4.2 – Semeadura.....	23
3.4.3 – Tratos culturais.....	24
3.5 – Coleta de dados e determinações.....	25
3.6- Dados meteorológicos do local de execução do experimento.....	28
3.7 – Análise estatística.....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
4.1- Observações Meteorológicas.....	29
4.2- Estimativa do potencial de rendimento.....	32
4.3- Rendimento de grãos.....	38

4.4- Componentes do rendimento.....	40
4.5- Variáveis de crescimento das plantas.....	54
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>61</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
TABELA -1 Principais características agronômicas da cultivar RS 7-Jacuí.....	24
TABELA -2 Rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da soja, corrigido a 13% de umidade, em dois espaçamentos entre fileiras na média de cinco estádios fenológicos e testemunha e 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	38
TABELA -3 Legumes por metro quadrado no caule na testemunha e 100% de desfolha na média de cinco estádios fenológicos e dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	42
TABELA -4 Rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculados a partir dos componentes do rendimento da soja em dois espaçamentos entre fileiras na média de cinco estádios fenológicos e testemunha e 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	54
TABELA -5 Comparação entre o rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado a partir dos componentes do rendimento da soja e o rendimento da parcela na média de dois espaçamentos entre fileiras, cinco estádios fenológicos e testemunha e 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	54
TABELA -6 Rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG) em cinco estádios de desenvolvimento, dois níveis de desfolha, na média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	57
TABELA -7 Rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG), em dois espaçamentos entre fileiras, na média de cinco estádios de desenvolvimento e dois níveis de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	59

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
FIGURA - 1 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 2003/2004, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	29
FIGURA - 2 Precipitação pluvial e temperaturas médias do ar de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento 2003/2004, do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	30
FIGURA - 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, 2003/2004.....	31
FIGURA - 4 Estimativa do potencial de rendimento ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), em R2, da testemunha e com 100% de desfolha, média de dois espaçamentos entre fileiras e cinco estádios de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	32
FIGURA - 5 Número de flores em R2 da testemunha e com 100% de desfolha, média de dois espaçamentos entre fileiras e cinco estádios de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	33
FIGURA - 6 Estimativa do potencial de rendimento ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) em R5, da testemunha e com 100% de desfolha em quatro estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	34
FIGURA - 7 Estimativa do potencial de rendimento ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) em R5 com desfolha total, em quatro estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. ....	35
FIGURA - 8 Estimativa do potencial de rendimento ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) da soja em três estádios fenológicos, média de dois estádios fenológicos em R2, quatro em R5 e cinco em R8, dois níveis de desfolha e dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	37
FIGURA - 9 Rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), corrigido a 13% de umidade, da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	39

FIGURA -10	Legumes por metro quadrado na testemunha e desfolha total em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	41
FIGURA -11	Legumes por metro quadrado na planta inteira, caule e ramos da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	43
FIGURA -12	Legumes por m <sup>2</sup> da soja na planta inteira, caule e ramos, em dois espaçamentos entre fileiras na média de cinco estádios fenológicos e dois níveis de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	44
FIGURA -13	Peso de 100 grãos no caule, nos ramos e na planta inteira da soja no nível de 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos na média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	46
FIGURA -14	Nós férteis por m <sup>2</sup> na planta inteira, caule e ramos de soja na testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	49
FIGURA -15	Nós férteis por m <sup>2</sup> de soja em dois espaçamentos entre fileiras, cinco estádios fenológicos, média da testemunha e com 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	51
FIGURA -16	Rendimento de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ) calculado a partir dos componentes do rendimento (legumes.m <sup>-2</sup> , grãos.legume <sup>-1</sup> e peso de 100 grãos) no caule, nos ramos e na planta inteira da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	53
FIGURA -17	Matéria seca (g.m <sup>-2</sup> ) em R8 da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	55

## 1. INTRODUÇÃO

A lavoura de soja está em constante crescimento no país e se constitui, hoje, na cultura mais importante tanto em volume de grãos produzidos como exportados. A manutenção do crescimento da sojicultura nacional de forma sustentável requer o uso das formas apropriadas de condução da lavoura que objetivem atingir elevados rendimentos. Práticas de manejo rentáveis e de fácil utilização se tornam necessárias para a garantia de manutenção ou incrementos do rendimento da soja, pelo melhor aproveitamento dos fatores ambientais, reduzindo os custos de produção tornando o Brasil mais competitivo no mercado mundial.

A relação entre fonte e demanda rege a distribuição de assimilados pelos diferentes órgãos da planta, nos períodos da ontogenia da cultura, o qual define o potencial de rendimento da lavoura. Modificações no arranjo de plantas, através da redução do espaçamento entre fileiras, ou na condição fisiológica das plantas, através da desfolha, acarretam alterações nas relações entre fonte e demanda e, conseqüentemente, no rendimento da lavoura. Dimensionar essas alterações ajudará a definir práticas de manejo que elevarão esse potencial de rendimento.

A redução na área foliar afeta o rendimento de grãos e os componentes do rendimento diferentemente em função de características genéticas da cultivar, como hábito de crescimento e ciclo, nível de dano e as condições morfofisiológicas e fenológicas da cultura quando esta redução de fonte é aplicada, ou seja, o estágio fenológico em que a cultura se encontra quando é submetida a esta condição.

O nível de desfolhamento e o momento em que este ocorre são os fatores que influenciam a habilidade da soja em compensar esta alteração na sua capacidade de fonte. Níveis maiores de desfolhamento em estádios de desenvolvimento mais avançados resultam em maiores perdas no rendimento de grãos.

Vários trabalhos têm sido realizados com a finalidade de avaliar o impacto do nível de desfolha no rendimento de soja. Níveis intermediários de desfolha têm resultado em manutenção ou aumento do rendimento da soja, por propiciar maior penetração de luz nas camadas inferiores do dossel e, assim, aumentar a capacidade fotossintética das folhas ali situadas, promovendo maior força de fonte, que posteriormente será utilizada para os órgãos de demanda que, no período reprodutivo, serão as flores, legumes e grãos situados nos nós inferiores, aumentando a capacidade de produção da planta. Por outro lado, desfolhas totais têm diminuído o rendimento de grãos progressivamente à medida que o ciclo ontogenético da cultura progride.

A tolerância da soja ao desfolhamento pode ser incrementada com o uso de práticas de manejo. Melhor arranjo de plantas, proporcionado pelo uso de espaçamento reduzido, é uma ferramenta possível de ser utilizada, sem acréscimos nos custos de produção. Diversos trabalhos sugerem que reduzindo o

espaçamento entre fileiras para distâncias inferiores aos 40 a 50 cm utilizados atualmente, se obteria melhor interceptação e penetração de luz, taxa de crescimento da cultura (TCC), índice de área foliar (IAF), massa seca e fechamento do dossel mais rápido, contribuindo para menor perda de rendimento.

Estas condições favoráveis aumentarão a capacidade das plantas de soja em produzir e acumular fotossintatos e substâncias de reservas nos diversos tecidos, o que representará melhor capacidade das mesmas suportar a demanda reprodutiva, aumentando as chances de atingir o potencial de rendimento.

Este trabalho teve como objetivos avaliar as alterações no potencial, rendimento, componentes do rendimento e variáveis de crescimento da soja decorrentes da remoção total e instantânea de fonte, em estádios de desenvolvimento, e redução do espaçamento entre fileiras.

## 2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – A relação fonte-demanda

O acúmulo de matéria seca (MS) em plantas de soja é elemento primordial para a obtenção de elevados rendimentos de grãos em lavouras desta cultura. O tecido vegetal das plantas de soja funciona como acumulador de nutrientes minerais, havendo posterior translocação para as sementes durante o período de enchimento de grãos (Moura, 1981).

Vários autores constataram translocação de matéria seca das estruturas vegetativas para as reprodutivas, sendo este processo iniciado a partir do período em que ocorre o rápido acúmulo de matéria seca nas estruturas reprodutivas (Hanway e Weber, 1971; Pacova, 1977; Streeter e Jeffers, 1979). Dentre as estruturas vegetativas, o caule é o principal responsável pelo armazenamento de carboidratos que serão translocados às sementes no período de seu enchimento, sendo as folhas o local de menor translocação (Streeter e Jeffers, 1979). Kollman et al. (1974) citam o caule, legumes e pecíolos como as estruturas que mais armazenam carboidratos para futuro desenvolvimento das sementes, tendo os folíolos um conteúdo de carboidratos relativamente indisponível.

O uso de índice de área foliar (IAF) foi consagrado como termo de referência para a produção de matéria seca como uma consequência de ser,

geralmente, o principal órgão fotossintético da planta (Moura, 1981). Este índice, segundo Shibles et al. (1975), é a área foliar total da comunidade de plantas por unidade de superfície de solo. Esta área foliar por sua vez é importante pela sua influência sobre a interceptação de energia radiante (Moura, 1981).

A soja é uma planta que apresenta um IAF crítico, que é definido como sendo o IAF requerido para interceptar 95% da radiação solar, num determinado local ao meio dia, e que a taxa de produção de MS aumenta com o aumento da área foliar até um máximo, a partir do qual não mais se altera, mesmo com o aumento na área foliar (Shibles e Weber, 1965). Este processo então explica os resultados de Shibles e Weber (1966), que indicam uma baixa correlação entre IAF e rendimento de grãos, e sendo o IAF termo de referência para a produção de MS, a baixa correlação entre produção de MS e rendimento de grãos também é observada, como sugerido por Ogren e Rinne (1973).

A partir disto, Gassen (2001) indica que um IAF entre 3,5 e 4,5 proporciona rendimentos elevados, e valores acima destes não representam aumentos no rendimento, ao contrário, podem ser prejudiciais na medida que dificulta a penetração de luz nas camadas inferiores do dossel o que acarreta menor desenvolvimento de legumes na parte mediana e basal da planta, com diminuição da produção grãos.

As folhas além de participar da composição do potencial de rendimento de grãos como parte da MS acumulada, são as principais estruturas fotossintetizantes da planta e, logo, responsáveis pela interceptação de luz e fixação de carbono. As folhas provêm a maioria dos fotossintatos que são usados para sustentar todos os processos associados com o crescimento e

desenvolvimento das plantas, se constituindo, assim, no principal órgão fonte das plantas (Egli e Crafts-Brandner, 1996).

Porém, de acordo com Shibles et al. (1987), as folhas passam por uma transição de estrutura de demanda para estrutura fonte durante o desenvolvimento da planta. Quando o aparato fotossintético está completamente estabelecido, ou, quando a expansão foliar é máxima, e assim também o é a quantidade e atividade da enzima Rubisco (Ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase), a qual regula a fotossíntese em condições normais, as folhas tornam-se estruturas fonte ou exportadoras, atuando na fixação de carbono e produzindo fotossintatos que irão ser translocados para as estruturas de demanda.

A taxa de troca de dióxido de carbono (TTC) de uma folha cresce paralelamente a expansão foliar até atingir a máxima área foliar (Woodward, 1976; Woodward e Rawson, 1976). Já a TTC do dossel atinge seu máximo quando o mesmo atinge 95% da interceptação de luz (Wells, 1991), em condições de produção normais este máximo ocorre perto do início do crescimento reprodutivo, e começa um progressivo declínio associado a senescência foliar depois do início do enchimento de grãos (estádio R5), podendo chegar a zero na maturação fisiológica (Larson et al., 1981; Wells et al., 1982).

O crescimento da semente depende da fotossíntese corrente, com o amido e as proteínas armazenadas nos tecidos vegetativos servindo como reguladores metabólicos para manter a taxa de translocação de assimilados para os órgãos de demanda (Shibles et al., 1987), que após o início do crescimento reprodutivo começam a ser as próprias estruturas reprodutivas. A Taxa de crescimento da semente (TCS) é dependente de suprimento contínuo de matéria

prima pela planta mãe (Egli e Crafts-Brandner, 1996), constituindo-se de açúcares, aminoácidos, ureídeos e nutrientes minerais (Fellows et al., 1978; Layzell e Larue, 1982; Hsu et al., 1984; Rainbird et al., 1984). A TCS tem controle genético (Egli et al., 1978; Guldan e Brun, 1985), porém sofre grande influência das condições ambientais e fisiológicas da planta, sendo que qualquer aspecto que influencie a capacidade da planta mãe de suprir a semente com assimilados no enchimento de grãos, afeta a TCS (Egli e Crafts-Brandner, 1996). Alterando o suprimento de assimilados para os grãos por desfolhamento, altera-se o número de células cotiledonares (Egli et al., 1989).

Outro aspecto que influenciará no crescimento da semente é o período ou duração do crescimento individual da mesma, que é controlado geneticamente (Metz et al., 1985; Salado-Navarro et al., 1985; Smith e Nelson, 1987; Pfeiffer e Egli, 1988) e também por condições ambientais (Peters et al., 1971; Raper e Thomas, 1978; Egli e Wardlaw, 1980; Seddingh e Jolliff, 1984; Sionit e Kramer, 1977; Meckel et al., 1984). O período de crescimento individual da semente é aumentado, por exemplo, por tratamentos que alterem o suprimento de assimilados (Egli et al., 1985b). Acelerando o declínio da fotossíntese durante o período de enchimento de grãos, por desfolhamento completo no estágio R6, antecipa-se a maturação das sementes (Vieira et al., 1992), assim, a maturação das sementes pode ser o resultado do decréscimo do suprimento de assimilados pela planta mãe (Egli e Crafts-Brandner, 1996).

O rendimento de grãos de uma lavoura, contudo, é produzido pela comunidade de plantas, e os diversos fatores, tanto ambientais como genéticos, influenciam o rendimento neste nível (Egli e Crafts-Brandner, 1996). A taxa de crescimento total da semente, em comunidade de plantas, pode ser dividido em

número de sementes por unidade de área e taxa de acúmulo de matéria seca pelas sementes (Egli, 1994). O número de sementes por unidade de área varia fortemente pela influencia das condições ambientais (Shibles et al., 1975), enquanto a taxa de crescimento individual das sementes é relativamente estável (Egli, 1994), devido ao controle genético.

O número de grãos produzidos por uma comunidade de plantas de soja é determinado pelos componentes nós férteis por unidade de área, flores por nó, proporção de flores que se desenvolvem à legumes maduros, e grãos por legume (Egli e Crafts-Brandner, 1996). Todos estes componentes são sensíveis a condições ambientais que afetem a fotossíntese por planta (Heitholt et al., 1986; Neyshabouri e Hatfield, 1986; Acock e Acock, 1987; Jiang e Egli, 1993). Ainda, vários experimentos têm mostrado que o número de grãos por área está intimamente relacionado com a fotossíntese durante a floração e formação dos legumes (estádios R1 a R5), utilizando tratamentos que alteram a fotossíntese do dossel durante este período alterar-se-á o número de grãos produzidos (Egli e Crafts-Brandner, 1996), onde um exemplo é o desfolhamento.

Uma hipótese alternativa para este fato é a hipótese de suprimento de assimilados, sugerida por Charles-Edwards (1984), a qual um órgão de demanda em desenvolvimento precisa de um fluxo mínimo de assimilados para continuar seu desenvolvimento, se este fluxo estiver abaixo do mínimo seu desenvolvimento pára, ou aborta. A hipótese sugere que o número de órgãos de demanda por unidade de área é função da fotossíntese diária do dossel, da proporção desta fotossíntese diária dividida para o crescimento reprodutivo e o mínimo requerimento de assimilados para o crescimento das estruturas demandantes, no caso as estruturas reprodutivas. Entretanto como a grande

maioria dos abortos ocorre em flores ou no início do desenvolvimento de legumes (Heitholt et al., 1986; Carlson e Lersten, 1987), esta hipótese parece aplicável apenas para os estádios iniciais críticos de crescimento de flores e frutos. O modelo, no entanto, indica que o componente de rendimento número de sementes é inteiramente limitado pela fonte, sugerindo que primariamente o rendimento de grãos é, da mesma forma, limitado pela fonte (Egli e Crafts-Brandner, 1996).

Experimentos com sombreamento realizados por Egli e Yu (1991), com o intuito de variar a fotossíntese diária do dossel, avalizaram o modelo pelo aumento do número de grãos por área quando aumentada a taxa de crescimento da cultura (TCC) durante o florescimento e formação de legumes, e resultados similares foram encontrados por Egli (1993).

Um fator paradoxal na formação do rendimento de grãos de uma lavoura de soja é o declínio da fotossíntese do dossel que ocorre ao mesmo tempo da formação do rendimento devido à característica de senescência, que está intimamente relacionada com o desenvolvimento reprodutivo (Egli e Crafts-Brandner, 1996). Este declínio ocorre na medida que, sendo os cloroplastos estruturas que devem prover fotossintatos para os órgãos de demanda, e também serem as estruturas que contém a maioria do nitrogênio foliar, pois é formado pela proteína Rubisco que é a enzima responsável pela regulação da fixação do CO<sub>2</sub>, e ao mesmo tempo é a maior fração do conteúdo de proteína dos cloroplastos, muito deste que será degradado e remobilizado para suportar o crescimento da semente, têm de prover também este nitrogênio para os órgãos de demanda em desenvolvimento (Dalling, 1985).

Esta grande quantidade de nitrogênio requerido para produzir a biomassa da semente, cuja contribuição da remobilização a partir dos tecidos vegetativos em relação ao total de N na semente pode variar de 20 a 100% (Hanway e Weber, 1971; Zeiher et al., 1982; Egli et al., 1983), provê a base do conceito da autodestruição das folhas da soja (Sinclair e de Wit, 1975, 1976). Outra hipótese é a da regulação da senescência foliar através de um sinal hormonal produzido pela semente que é transportado para as folhas (Noodén, 1980; Noodén e Guiamét, 1989). Ambas hipóteses implicam em um papel ativo da semente na regulação da senescência.

Egli e Crafts-Brandner (1996), porém, apresentam o modelo no qual a senescência é regulada pela folha através da relação entre a produção total de fotossintatos e o requerimento de fotossintatos para a manutenção da folha e o desenvolvimento do órgão de demanda. De acordo com este modelo, uma alta taxa de utilização de fotossintatos pelo legume em desenvolvimento faz com que decresça a quantidade de fotossintatos disponível para os processos de manutenção foliar como respiração, síntese protéica, e síntese ou importação de outros metabólitos incluindo hormônios, o que acarreta na senescência foliar. O modelo poderia explicar, adicionalmente, o efeito de fatores ambientais como o desfolhamento na senescência e rendimento de grãos.

O modelo proposto por Egli e Crafts-Brandner (1996) claramente relaciona o poder de demanda com o tamanho da fonte, o que parece ser o argumento mais lúcido para esta discussão. De acordo com o modelo, se alterado o tamanho da fonte alterar-se-á a capacidade da planta de fornecer assimilados para os órgãos reprodutivos em desenvolvimento o que representará uma modificação no tempo para senescência foliar e, logo, no rendimento de grãos da

cultura. A discussão fonte-demanda em relação à senescência foliar pode ser extrapolada para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura, ou seja, quando se altera a relação fonte-demanda por algum fator, como desfolhamento ou redução de espaçamento entre fileiras, se altera também a capacidade da planta de suprir com assimilados os órgãos que, em dado momento, representam a força de demanda e assim se altera o comportamento morfofisiológico da planta e, em termos de produção agrícola, o potencial de rendimento da cultura.

Outro fator importante é a influencia dos órgãos de demanda sobre o comportamento da fonte e vice-versa. Shibles et al. (1987) notaram evidências de influência dos órgãos de demanda sobre a fotossíntese, as quais foram baseadas em uma alta taxa de CER por folha individual e manutenção destas altas taxas durante o enchimento de grãos. Este fator não foi considerado na formulação da equação de Charles-Edwards citada acima nesta revisão que, através do componente de partição da fotossíntese do dossel para os órgãos de demanda, representa uma ótima ferramenta para avaliar os fatores que influenciam o número de sementes por unidade de área que, junto com o componente peso de grãos, compõem o rendimento de grãos.

Um fator de partição, componente da equação, determina o quanto da fotossíntese do dossel está disponível para o crescimento reprodutivo, sendo assim, a partição de assimilados é um fator que influencia o número de sementes por unidade de área, embora seja de difícil avaliação (Egli e Crafts-Brandner, 1996). Alguma informação útil sobre partição pode ser captada ao se avaliar a taxa de massa reprodutiva para vegetativa durante o florescimento e formação de legumes (Egli e Crafts-Brandner, 1996). Se o crescimento vegetativo continua após o fim do florescimento e formação de legumes, as novas folhas competirão

por assimilados com os legumes já formados, embora as cultivares modernas parem o crescimento vegetativo antes do número de grãos atingirem o máximo (Egli et al., 1985a), sugerindo que a partição de assimilados para o crescimento reprodutivo, durante o florescimento e formação de legumes, pode estar a um nível máximo (Egli e Crafts-Brandner, 1996).

Durante o florescimento e formação de legumes, estádios R1 a R5, o crescimento vegetativo passa de demanda principal em R1 para demanda mínima em R5 ou R6. De modo oposto, os legumes em desenvolvimento não existem como órgãos de demanda em R1, mas representam a maior demanda em R5 ou R6. Portanto, é importante que os assimilados disponíveis para crescimento de flores e legumes novos não sejam utilizados para o crescimento vegetativo (Egli e Crafts-Brandner, 1996), a fim de se obter o máximo número de sementes por unidade de área.

Já o componente de rendimento peso do grão, é determinado pela taxa e duração do crescimento individual da semente, os quais são influenciados por sua composição genética, como citado anteriormente, e também pelas condições ambientais. Modificações no suprimento de assimilados, depois de fixado o número de sementes por unidade de área, modificará a taxa de crescimento da semente (TCS), acarretando modificações no peso das sementes e, logo, no rendimento (Egli et al., 1985b). Vários experimentos com desfolhas artificiais apresentam resultados que comprovam este fato, como será descrito após nesta revisão.

A duração do enchimento de grãos está diretamente relacionada com o rendimento de grãos, porém, este parâmetro sofre um forte controle genético (Metz et al., 1985; Smith e Nelson, 1987), logo manejar para este fator não se

constitui um boa alternativa para elevar rendimento de grãos (Egli e Crafts-Brandner, 1996). Porém, o tamanho da fonte também altera a duração do período de enchimento de grãos, experimentos realizados por Egli et al. (1985b) com tratamentos de retirada parcial de legumes incrementaram o tamanho da semente indicando que acréscimo de suprimento de assimilados, resultante da diminuição da demanda, aumentam a duração do período de enchimento de grãos.

Como discutido até aqui, as possíveis modificações na fonte claramente influenciarão o rendimento de grãos de uma lavoura. Neste contexto a importância da manutenção da área foliar, esta sendo o principal órgão fonte das plantas no período de florescimento ao enchimento de grãos, é importante para se alcançar rendimentos elevados. Assim vários trabalhos com desfolhamentos totais e parciais vêm sendo realizados com o intuito de se dimensionar as perdas de rendimentos decorrentes deste fato.

## **2.2 – Alterações na relação fonte-demanda: remoção da área foliar**

Os estudos sobre o efeito do desfolhamento, atualmente, são baseados no impacto da perda de folhas sobre o estabelecimento do dossel, fisiologia e senescência foliar. O desfolhamento afeta a acumulação da matéria seca da soja primariamente por reduzir a área foliar efetiva para interceptação de luz e fixação do carbono, resultando em menor rendimento pela diminuição da fonte, como discutido até aqui. Práticas de manejo podem ser aplicadas na busca de minimizar esse efeito.

A habilidade da soja em evitar redução no potencial de rendimento após o desfolhamento depende da intensidade do desfolhamento; do desenvolvimento fenológico na época que ocorre o desfolhamento; da habilidade da cultivar tolerar ou compensar o desfolhamento e dos fatores ambientais, como

precipitação, radiação disponível e fertilidade do solo (Pedigo et al., 1986). Até o presente momento, os primeiros dois fatores tem sido estudado em maiores detalhes.

Pissaia e Costa (1989/91), trabalhando com níveis e épocas de desfolhamento em soja, constataram que o nível de 33% apresentou acréscimo de MS de grãos na maioria das épocas em que foi aplicado. Estes autores inferiram que a produção excessiva de área foliar pode ser prejudicial, por dificultar a penetração de luz nos estratos inferiores do dossel e logo, diminuindo a produção de fotoassimilados das folhas ali situadas pela diminuição da atividade fotossintética. Este resultado corrobora com o conceito de IAF crítico com o qual a soja se enquadra como explicitado anteriormente e que, a partir dele, não se constata correlação entre IAF e rendimento de grãos.

A soja, quando desfolhada reduz o tamanho da fonte, assim a Taxa de Crescimento da Cultura (TCC) e MS são reduzidos pelo decréscimo do IAF da planta. Segundo Moura e Costa (1981), o desfolhamento provoca reduções em maior ou menor intensidade na taxa de acúmulo de MS em função dos estádios em que foram aplicados. Também se tem decréscimo na MS de raízes, caules e pecíolos com redução da área foliar (Suwignyo et al., 1995).

Segundo Board e Harville (1998), a soja tem sua fonte mais restringida durante o período reprodutivo inicial ( $R_1$  até logo após  $R_5$ ) comparado ao tardio ( $R_6$  até  $R_8$ ). Isto é devido à baixa razão fonte-demanda durante o período reprodutivo do tarde para incremento do tamanho do grão, na tentativa de compensar o decréscimo do número de grãos proporcionado pela reduzida TCC durante o período reprodutivo inicial. Estresses durante o período vegetativo podem ser importantes se a MS da cultura e interceptação de luz em  $R_1$  for

insuficiente para a ótima TCC durante o período reprodutivo inicial. Na literatura se encontra relatos de relação linear entre TCC, medida durante o florescimento, e fixação dos legumes e o número de grãos em soja (Board e Harville, 1994; Board et al., 1995).

Nesse contexto, Pires (1998) cita que, em soja, busca-se maximizar o potencial de rendimento já no estágio de início do florescimento (R1) e que este potencial permaneça o mais estável possível até o estágio de maturação (R8), proporcionando rendimento real elevado. Cita também que o potencial de rendimento é definido como o rendimento possível de se alcançar se todas as estruturas reprodutivas forem fixadas num determinado estágio avaliado. Este potencial é limitado pelas condições ambientais e de manejo anteriores, diferindo assim do rendimento potencial, que é aquele estipulado geneticamente e, portanto, apenas parte deste será atingido e dependerá das condições limitantes.

O período vegetativo de desenvolvimento é menos afetado pela remoção da força de fonte que o reprodutivo e, dentro deste, o período reprodutivo inicial apresenta maior susceptibilidade a remoção de área fotossintética. (Pissaia e Costa, 1981; Goli e Weaver, 1986; Grymes et al., 1999; Ribeiro e Costa, 2000). O comportamento citado é função, de acordo com os mesmos trabalhos, pela possível retomada de área foliar e TCC anteriormente ao período que irá definir os componentes do rendimento de grãos da cultura.

A resposta ao desfolhamento é variável, como explicitado anteriormente. Trabalhos variando épocas e níveis de desfolhamento apresentam uma amplitude de redução no rendimento de grãos em função da perda de área foliar que varia entre a não ocorrência de resposta a 87% de redução no rendimento de grãos de soja (Moura e Costa, 1981; Pissaia e Costa, 1981; Goli e

Weaver, 1986; Board et al., 1997; Board e Harville, 1998; Gazzoni e Moscardi, 1998; Grymes et al., 1999; Ribeiro e Costa, 2000; Costa et al., 2003; Reichert e Costa, 2003;). Parciannelo (2002), no entanto, trabalhando com a cultivar FT-Abyara (semi-tardia) em dois espaçamentos entre fileiras de soja, observou que o máximo rendimento calculado para o espaçamento de 20 cm foi de 4387 kg/ha com um desfolhamento de 28% e para o espaçamento de 40 cm foi de 3486 kg/há com 24% de desfolhamento. Pissaia e Costa (1981) trabalhando com a cultivar Paraná (precoce), aplicaram desfolhamento no estágio R1/R2 e obtiveram aumento no rendimento de grãos de 20 e 14% nos níveis de 33 e 100% de desfolhamento, respectivamente, em relação à testemunha. Estes autores creditaram o incremento no rendimento ao intenso crescimento vegetativo no referido período e as reservas nos caules e pecíolos, os quais garantiram o desenvolvimento inicial das estruturas reprodutivas e a recuperação da área foliar perdida.

A maioria dos trabalhos com desfolhamento apontam o estágio R5 como sendo o mais crítico para a perda da área fotossintética. No entanto outros estádios, como R3 e R4, também são relacionados. A impossibilidade de regeneração da área foliar e limitação da quantidade de reservas das plantas nestes estádios fenológicos (Ribeiro e Costa, 2000), são os fatores primordiais para que a perda severa de rendimento nestes estádios aconteça.

Costa et al. (2003) trabalhando com a cultivar de soja Ocepar-14, e simulando desfolhas nos níveis de 33, 67 e 100%, e em sistemas de preparo de solo (plantio direto e convencional), encontraram reduções significativas no rendimento de grãos, quando a soja foi desfolhada ao nível de 100% nos estádios R3, R4, R5 e R6, para os dois sistemas de preparo. Desfolhas de 33% não

diminuíram o rendimento de grãos em nenhum estágio em plantio convencional, já a desfolha de 67%, neste sistema, reduziu o rendimento de grãos quando aplicada em R5. No sistema plantio direto, os dois níveis de desfolha, 33 e 67%, foram responsáveis por diminuição no rendimento apenas no estágio R3. Os autores constataram ainda que, à medida que se aumentou o nível de desfolha, aumentou também a redução no rendimento de grãos e que, desfolhas no estágio R5 foram responsáveis pelo maior decréscimo no rendimento.

### **2.3 – Alterações na relação fonte-demanda: espaçamento entre fileiras**

Diversos trabalhos têm demonstrado relação entre índice de área foliar (IAF), desfolhamento, percentagem de interceptação de luz, taxa de fixação de CO<sub>2</sub> pelo dossel e senescência foliar (Shibles e Weber, 1965; Peterson e Higley, 1996; Klubertanz et al., 1996; Board et al., 1997; Haile et al., 1998 a,b; Ballaré e Casal, 2000). Porém são poucos os trabalhos com o objetivo de relacionar estes fatores com o arranjo das plantas na lavoura.

A redução do espaçamento entre fileiras, de acordo com vários autores, promove alterações no desenvolvimento da soja em função de modificações ocasionadas no ambiente da lavoura. Pires et al. (1998) cita que o melhor arranjo de plantas no espaçamento reduzido entre fileiras (20 cm), se deve à diminuição da competição entre plantas de soja nos estádios vegetativos, que se traduz em incremento de MS, IAF, fechamento mais rápido do espaço entre fileiras e maior interceptação da radiação incidente mais cedo.

Estas melhores condições para o desenvolvimento das plantas promovem aumento da tolerância da soja a perda de área foliar pela melhor capacidade de recuperação pós-desfolha. Segundo Parcianello (2002) a soja no

espaçamento de 20 cm pode suportar perda de área foliar de até 88% que ainda apresenta rendimentos na média iguais, ou superiores ao espaçamento de 40 cm.

Board et al. (1992) e Board e Harville (1996), citam que o incremento no rendimento de grãos da soja no plantio em espaçamento entre fileira estreito (menor 50 cm), também relatado por vários pesquisadores (Costa et al., 1980; Herbert e Litchfield, 1982; Willcott et al., 1984), pode ser atribuído ao incremento da interceptação de luz durante os períodos vegetativos e período reprodutivo inicial ( $V_9$  até logo após  $R_5$ ). E ainda, uma das conseqüências da maior interceptação da radiação é que as folhas da porção média e inferior da planta, que normalmente não atingem seu potencial fotossintético (Johnson et al., 1969), aumentam a assimilação de  $CO_2$ . Turnipseed (1972) cita que a penetração de luz adicional nas camadas média e inferior do dossel nos tratamentos de desfolha de 33 e 67% aumenta a eficiência fotossintética do dossel e permite, assim, compensar a perda de área foliar.

O rendimento de grãos de uma lavoura é determinado pela composição dos componentes do rendimento. A interação entre os componentes do rendimento da soja é responsável direta na formação deste rendimento. A soja é uma cultura que apresenta alta plasticidade fenotípica. Esta característica é originada da grande variação nos componentes do rendimento que, através de mecanismos de compensação, podem produzir rendimentos iguais mesmo com seus componentes primários de rendimento se comportando de forma oposta. Vários trabalhos demonstram que o componente do rendimento legumes por área é o maior responsável pelo incremento no rendimento de grãos no espaçamento reduzido (Board et al., 1992; Pires et al., 1998; Ventimiglia et al., 1999; Parcianello, 2002). Segundo os autores, o maior crescimento inicial da cultura

neste espaçamento promove o incremento neste componente do rendimento e, logo, no rendimento de grãos.

Rambo (2002) trabalhando com três populações de plantas e dois espaçamentos entre fileiras de soja observou que a combinação da população de 20 plantas.m<sup>-2</sup> com o espaçamento de 20 cm apresentou maior número de legumes em relação ao arranjo utilizando 40 cm. Bullock (1998), trabalhando com três espaçamentos entre fileiras (38, 76 e 114 cm), observou que o rendimento de grãos e o número de legumes por área reduziram linearmente quando aumentaram o espaçamento entre fileiras de soja.

Embora desfolhamentos tardios, realizados no período efetivo de enchimento de grãos, reduzam o componente do rendimento peso do grão (Board et al., 1994,1997; Board e Harville, 1998; Ribeiro e Costa, 2000), pela redução do poder de fonte responsável pela manutenção da taxa de enchimento de grãos, a redução no espaçamento entre fileiras parece não influenciar este componente. Diversos autores trabalhando com redução do espaçamento entre fileiras de 40 para 20 cm não encontraram diferenças significativas para este componente do rendimento (Ventimiglia, 1996; Maehler, 2000; Parcianello, 2002; Saraiva, 2004), demonstrando que talvez o mesmo não seja um componente que venha a contribuir para a compensação do rendimento em função do desfolhamento, como demonstra ser o componente número de legumes por m<sup>2</sup>.

O terceiro componente do rendimento, número de grãos por legume, da mesma forma não demonstra ser influenciado pela modificação do arranjo de plantas através da redução do espaçamento entre fileiras de soja. Os mesmos autores (Ventimiglia, 1996; Maehler, 2000; Parcianello, 2002; Saraiva, 2004) não encontraram diferenças significativas para este componente do rendimento

quando realizada a redução no espaçamento entre fileiras. Isto demonstra a menor sensibilidade deste componente a alterações ambientais devido ao maior controle genético pelo qual o mesmo é regido.

A fonte, no caso da soja, é representada pela capacidade de produção de fotossintatos pelas folhas. O aumento nos parâmetros citados como IAF, MS e TCC, representam um aumento no poder de fonte das plantas de soja cultivadas em espaçamentos reduzidos. Este aumento na fonte por sua vez, além de possibilitar maior tolerância ao desfolhamento como discutido, permite elevar o rendimento das lavouras em que não ocorre a desfolha, ou quando ela ocorre em pequenas dimensões, por permitir maior assimilação de carbono e produção de carboidratos que irão resultar em maior partição destes assimilados para as estruturas de demanda no momento oportuno.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Local

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul (30° 05' 27" S de latitude e 51° 40' 18" O de longitude, com uma altitude média de 46 m) (Bergamaschi e Guadagnin, 1990). O clima da região pertence a unidade específica Cfa da classificação climática de Köeppen, ou seja, subtropical úmido com verão quente.

A radiação solar global é mais elevada no mês de dezembro, com média diária próxima de  $500 \text{ cal.cm}^{-2}\text{-dia}^{-1}$ . O mês de junho tem a menor média diária, cerca de  $200 \text{ cal.cm}^{-2}\text{-dia}^{-1}$ , sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes, e junho e julho os mais frios. A temperatura média anual é  $14,9^{\circ}\text{C}$ , sendo a média das mínimas  $14,8^{\circ}\text{C}$ , e a média das máximas  $24,3^{\circ}\text{C}$ . A precipitação pluvial média anual é 1440 mm, apresentando, freqüentemente, problemas de deficiência hídrica nos meses de novembro a março. As médias mensais de precipitação e temperatura, calculadas entre 1970 e 1989, na EEA/UFRGS, para o período de condução do experimento são de 105,6 mm e  $22,5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

### 3.2 – Solo

O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico, de acordo com 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 físico-químicas do solo da área experimental, de acordo com a análise de solo realizada, tiverem os seguintes valores: argila = 28%; pH = 5,1; índice SMP = 6,2; P = 6,4 mg.dm<sup>-3</sup>; K = 77 mg.dm<sup>-3</sup>; M. O. = 1,8%; Al<sub>troc</sub> = 0,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; CTC = 6,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>.

### 3.3 – Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos de desfolhamento foram aplicados em cinco estádios fenológicos de desenvolvimento (V<sub>6</sub>- sexto nó, V<sub>9</sub> – nono nó, R<sub>2</sub> – florescimento, R<sub>4</sub> – formação de legumes e R<sub>5</sub> – início enchimento do grão), determinados com base na descrição encontrada na escala proposta por Costa e Marchezan (1982) e testados nas parcelas, sobre dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm), testados nas subparcelas e dois níveis de desfolhamento (0 e 100 %), arranjados nas sub-subparcelas. O nível de desfolhamento desejado foi obtido pela remoção manual dos três folíolos de cada folha trifoliada, conservando-se os pecíolos.

As dimensões das parcelas foram as seguintes:

- parcela principal: 6,0 m X 32 m = 192 m<sup>2</sup>;
- subparcela: 6,0 m X 6,4 m = 38,4 m<sup>2</sup>;
- sub-subparcela: 6,0 m X 1,6 m = 9,6 m<sup>2</sup>;

As bordaduras das sub-subparcelas consistiram de uma fileira em cada extremidade lateral, para o espaçamento de 40 cm, e duas fileiras para o espaçamento de 20 cm, e de 0,5 m em cada cabeceira da sub-subparcela.

### **3.4 – Instalação e condução do experimento**

O experimento foi instalado em área cultivada sob o sistema de plantio direto, em solo contendo cobertura de 4,8 t.ha<sup>-1</sup> de aveia preta (*Avena strigosa*), sendo esta quantidade determinada na semeadura da soja.

#### **3.4.1 – Adubação**

A análise do solo e a adubação foram feitas seguindo as recomendações de Bartz et al. (1994). Esta recomendação sugeriu a necessidade de aplicação de 60 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para rendimentos esperados acima de 3000 kg.ha<sup>-1</sup> de soja. A adubação foi efetuada, então, através da aplicação a lanço com um implemento distribuidor, antecedendo a semeadura, de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de adubo químico da fórmula 5-20-20. Foi aplicada maior quantidade de fertilizantes que sugerido pela recomendação com o objetivo de obter-se uma elevação mais rápida da fertilidade de solo da área.

#### **3.4.2 – Semeadura**

As sementes utilizadas foram tratadas com fungicida Captam (500 g de i.a/100 kg de sementes) e inoculadas com estirpes específicas de *Bradyrhizobium japonicum* em meio turfoso, produzidos pela Fepagro/RS. Estas práticas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta na XXX Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul (REUNIÃO... 2003).

A semeadura da soja foi realizada em 15/11/2003, dentro da época recomendada para a região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Foi

utilizada semeadora de parcelas para plantio direto tracionada por trator, sendo a regulagem efetuada de modo a se obter uma densidade de 35 sementes aptas por m<sup>2</sup>. Esta quantidade de semente visou a obtenção da população de plantas desejada, não sujeitando o experimento ao risco de ocorrência de possíveis falhas. A distância entre fileiras foi de 20 e 40 cm, de acordo com os tratamentos.

A cultivar utilizada foi a RS 7- Jacuí, desenvolvida pela Fepagro RS, indicada para o estado pela pesquisa em 1989, apresentando as características descritas na Tabela 1.

TABELA 1: Principais características agronômicas da cultivar RS 7- Jacuí.

<b>Características</b>	
Ano de indicação	1989
Hábito de crescimento	Determinado
Ciclo, semeadura em novembro	Médio (142 dias)
Altura da planta, semeadura em novembro	83 cm
Acamamento	Inexistente
Peso de 100 grãos (g)	17,7 g
Qualidade da semente	Boa

Fonte: Reunião... (2003)

### 3.4.3 – Tratos culturais

O experimento foi mantido livre da presença de pragas, doenças e plantas daninhas por meio de monitoramento constante dos mesmos, para este fim utilizou-se as Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina 2003/2004 (Reunião..., 2003).

O controle de plantas daninhas foi realizado através da utilização dos herbicidas Bentazon + Sethoxidim (1,2 l.ha<sup>-1</sup> + 1,25 l.ha<sup>-1</sup>), mais Adjuvante CE Assist (1,5 l.ha<sup>-1</sup>) em 18/12/03. O controle de pragas foi realizado através da utilização do inseticida Endosulfam (500 g.ha<sup>-1</sup>) para o controle de lagartas da

soja (*Anticarsia gemmatalis*) e percevejo verde (*Nezara viridula*), com aplicações em 01/12/03, 09/01/04 e 05/03/04. Para o controle da Broca-das-axilas (*Epinotia aporema*) foi utilizado o inseticida Monocrotofós ( $400 \text{ g.ha}^{-1}$ ) com aplicação em 30/01/04. Para o controle de fungos foram utilizados os fungicidas Benomyl ( $250 \text{ g.ha}^{-1}$ ), para o controle da Mela da folha (*Rhizoctonia solani* Kühn) em 09/01/04, e Tebuconazoli ( $100 \text{ g.ha}^{-1}$ ), para controle de Míldio (*Peronospora manshurica*) em 19/02/04.

O experimento foi conduzido com suplementação hídrica, objetivando manter níveis de umidade do solo adequados para a cultura. Para o mesmo fim utilizou-se aspersores fixos com diâmetro de irrigação efetivo de 12 metros e vazão média de  $10 \text{ mm.h}^{-1}$ .

### **3.5 – Coleta de dados e determinações**

A caracterização dos estádios de desenvolvimento da soja foi realizada de acordo com a escala proposta por Costa e Marchezan (1982). Considerou-se que as plantas de cada sub-subparcela atingiram determinado estágio de desenvolvimento quando mais de 50% delas apresentaram as características morfológicas descritas na escala.

Para estimativa do potencial de rendimento durante a ontogenia da soja, foi utilizado o método de mapeamento de plantas proposto por Costa (1993). Foram realizadas determinações em cinco plantas marcadas em seqüência na fileira de cada sub-subparcela, fazendo-se avaliações sempre nas mesmas plantas durante os estádios reprodutivos e avaliando seu potencial de rendimento e a distribuição do mesmo em caule e ramos. O referido potencial foi obtido através da contagem das estruturas reprodutivas presentes nos estádios R2 e R5

e, posteriormente, calculado através da utilização dos componentes do rendimento obtidos em R8.

O potencial de rendimento de uma lavoura ou comunidade de plantas de soja representa o potencial que a mesma teria de produzir e fixar todas as estruturas reprodutivas (flores e legumes) nos estádios fenológicos apropriados, o que determinaria um rendimento de grãos final compatível a esta máxima fixação de estruturas reprodutivas.

Para o correto entendimento das avaliações de potencial de rendimento do presente trabalho, cabe ressaltar que apenas os tratamentos de remoção total e instantânea de fonte em V6 e V9 tiveram seus efeitos pronunciados na avaliação do potencial em R2, tendo em vista que o tratamento do mesmo estádio foi aplicado ao mesmo tempo da avaliação de potencial. Já em R5 os efeitos da remoção foliar sobre o potencial de rendimento puderam ser observados nos tratamentos impostos nos estádios V6, V9, R2 e R4, sendo os efeitos no estádio R5 observável quando da avaliação em R8, pelos mesmos motivos citados para a avaliação de potencial em R2.

O rendimento de grãos (kg/ha) foi obtido no estádio R8, através da colheita de 4 m<sup>2</sup> de cada sub-subparcela, equivalente a duas fileiras centrais no espaçamento de 40 cm e quatro fileiras no espaçamento de 20 cm, descontando-se a bordadura de 50 cm em cada extremidade das fileiras. Depois de obtido o rendimento de cada sub-subparcela, os mesmos foram corrigidos para 13% de umidade através da fórmula:

$$R = \frac{(100-A)*B}{(100-C)*D}$$

onde, R= Rendimento de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>)  
 A= Umidade do grão (%)  
 B= Rendimento de grãos da sub-subparcela (g)  
 C= Umidade desejada (13%)  
 D= Área da sub-subparcela colhida (m<sup>2</sup>/10)

No estágio R8, foram realizadas as avaliações dos componentes do rendimento; legumes e nós férteis foram determinados em dez plantas da área útil, por contagem do número total dos mesmos e distribuição em caule e ramos, sendo os valores posteriormente transformados para  $m^2$ ; 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 100 grãos previamente contados, provenientes das dez plantas coletadas na área útil de cada sub-subparcela. Todos os componentes do rendimento foram avaliados no caule e nos ramos das plantas.

A massa seca foi avaliada em R8, quando se colocou as dez plantas da amostra em estufa ventilada, à temperatura de  $65^{\circ}C$ , até peso constante, com posterior pesagem e correção do valor para  $kg.ha^{-1}$ .

O rendimento biológico aparente (R<sub>Ba</sub>), 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<sub>Ca</sub>), que expressa a eficiência de translocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta, foi calculado através da divisão do peso da massa seca de grãos pelo R<sub>Ba</sub> e multiplicação deste resultado por 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). A TEG foi obtida através da divisão do rendimento de grãos ( $g.m^{-2}$ ) pelo período de enchimento de grãos, ou dias entre os estádios R5 e R6.

### **3.6- Dados meteorológicos do local de execução do experimento**

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir de boletins de observações realizadas na Estação Agrometeorológica da EEA/UFRGS, fornecidos pelo Departamento de Agrometeorologia e Plantas Forrageiras da FA/UFRGS. Foram utilizados os dados de temperatura do ar, radiação solar e precipitação pluvial, e, com a utilização dos mesmos, calculado o balanço hídrico do período de condução do experimento, segundo Thorntwait e Mather (Cunha, 1992).

### **3.7 – Análise estatística**

A análise estatística foi realizada segundo as proposições de Riboldi (1993). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F, sendo que as médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para todos os fatores testados no experimento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1- Observações Meteorológicas

O ano agrícola da realização do experimento foi um ano normal, sem influência de El nino ou La nina alterando as condições meteorológicas. A radiação solar global (Figura 1) foi, na maior parte do período experimental, superior a média de 30 (trinta) anos, particularmente durante o período reprodutivo da soja.

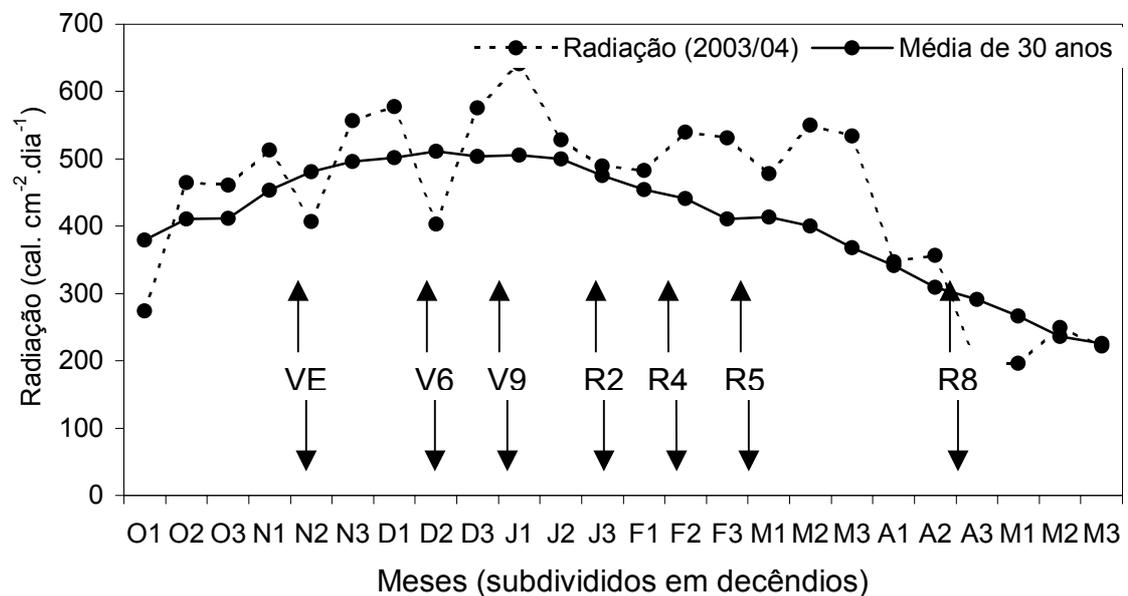


FIGURA 1 - Radiação solar global (cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>) média de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2003/2004, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

A temperatura do ar (Figura 2) esteve próxima ou ligeiramente abaixo da média dos últimos 30 anos durante quase todo o período experimental, sendo a média no mesmo período igual a 21,4°C, dentro da faixa ótima para crescimento da cultura (20 a 25°C segundo Doorenbos e Kassam, 1986).

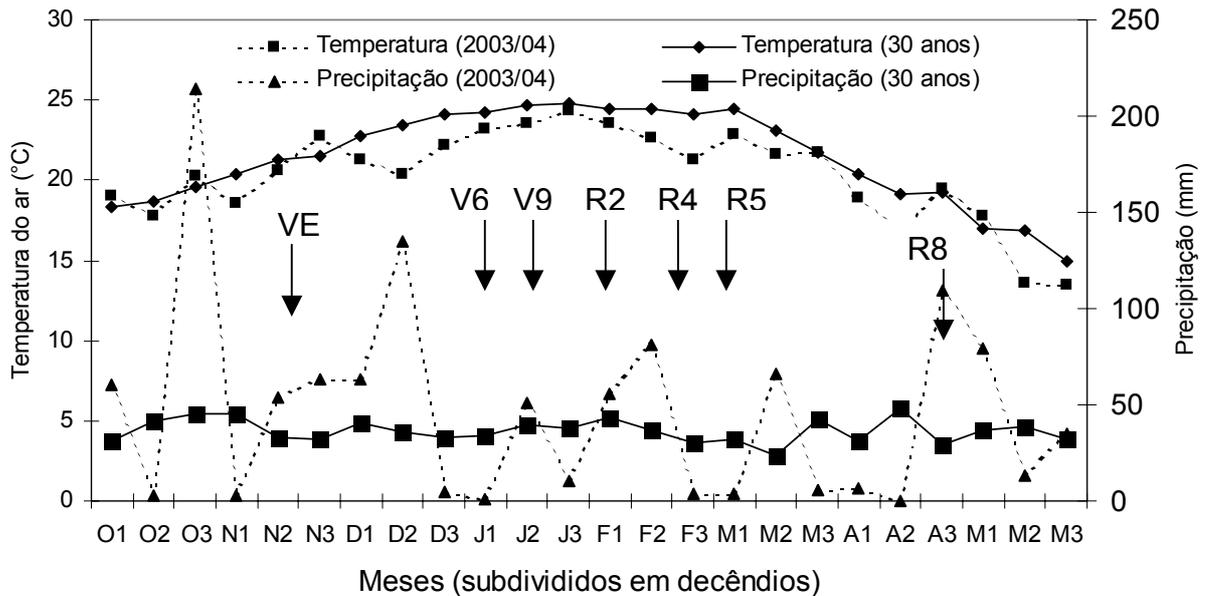


FIGURA 2 - Precipitação pluvial e temperaturas médias do ar de 1969 a 1999 (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento 2003/2004, do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

A precipitação pluvial ocorrida se encontra na Figura 2 sendo que a disponibilidade de água pode ser melhor apreciada pelo balanço hídrico, calculado pelo método de Thorntwait e Mather (Cunha, 1992), que mostra deficiência hídrica durante grande parte do período experimental (Figura 3A). A deficiência iniciou-se no segundo decêndio de dezembro e se prolongou ao segundo decêndio de abril. Com o objetivo de amenizar o déficit hídrico realizaram-se duas irrigações. A primeira lâmina de água, de 30 mm, foi aplicada em 08/01/2004 no estágio de desenvolvimento V9 (nono nó). A segunda lâmina,

também de 30 mm, foi aplicada em 08/03/2004 no estádio R5 (início do enchimento de grãos). O balanço hídrico foi novamente calculado, considerando a irrigação, e é mostrado na Figura 3B. As irrigações não foram suficientes para reverter totalmente a situação de déficit que ocorreu entre o terceiro decêndio de dezembro e de janeiro, e entre o segundo decêndio de fevereiro e de abril. Esta condição hídrica redundou em reduções no rendimento de grãos.

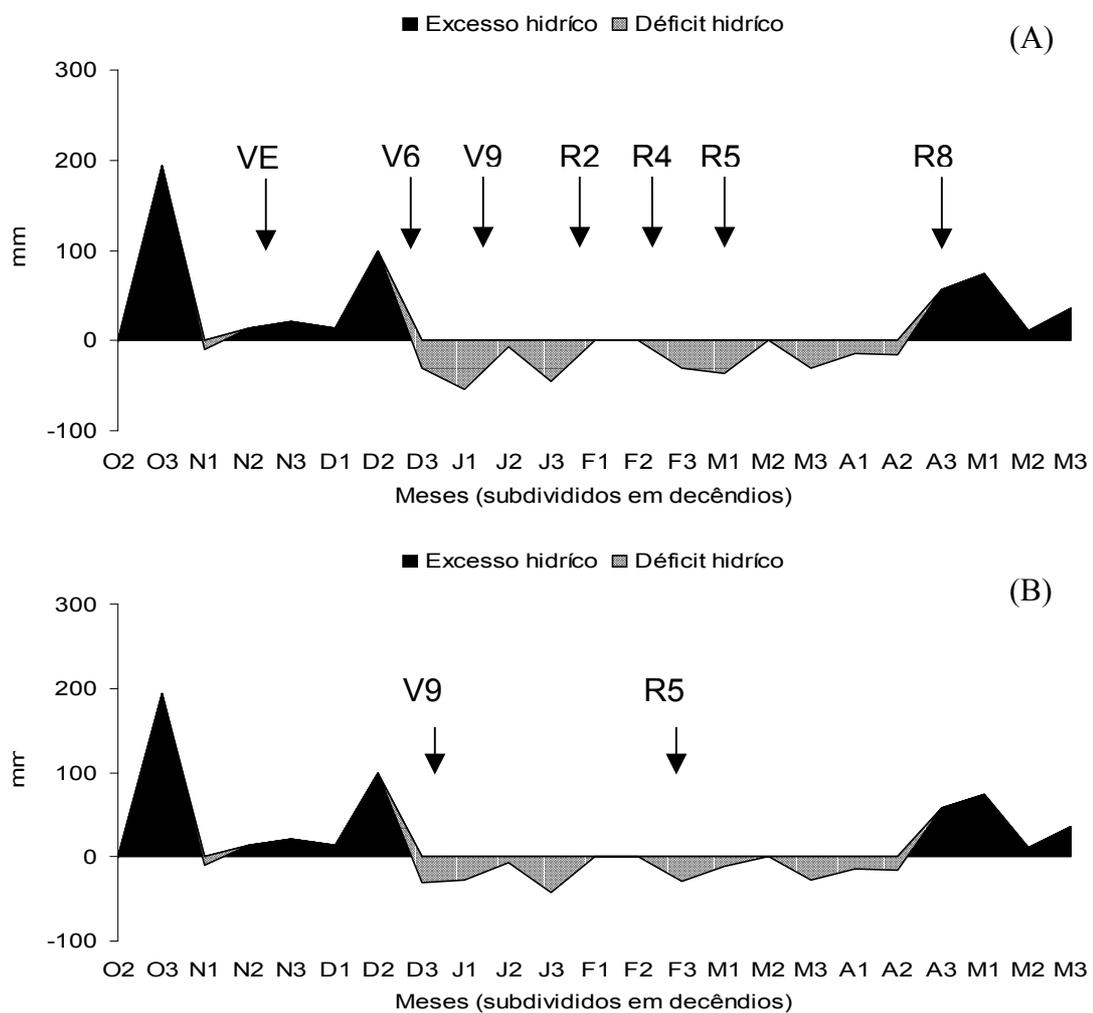


FIGURA 3 - Balanço hídrico, sem considerar a irrigação (A) e considerando a irrigação (B), segundo Thorntwaite e Mather (Cunha, 1992), para capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

#### 4.2- Estimativa do potencial de rendimento

O potencial de rendimento médio em R2 foi de 17.921 kg.ha<sup>-1</sup>. Quando desfolhada, a soja reduziu o potencial de rendimento, em relação à testemunha, de 21.836 kg.ha<sup>-1</sup> para 14.008 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 4). Esta redução reflete o efeito da remoção total e instantânea de fonte realizada nos estádios vegetativos V6 e V9.

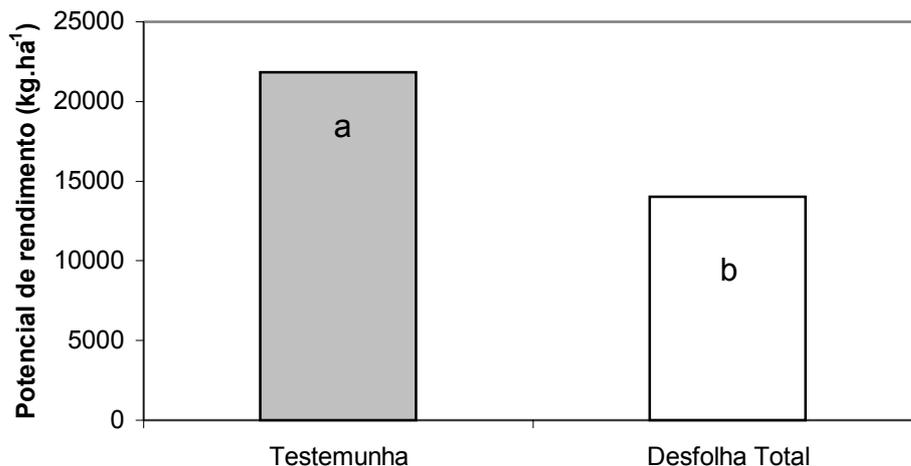


FIGURA 4 – Estimativa do potencial de rendimento (kg.ha<sup>-1</sup>), em R2, da testemunha e com 100% de desfolha, média de dois espaçamentos entre fileiras e cinco estádios de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os níveis de desfolhamento, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A redução do potencial foi reflexo do aborto de flores (Figura 5), ocasionado pela remoção da estrutura fotossintética e, logo, pela menor capacidade das plantas de suprir estes órgãos com fotoassimilados, o que garantiria maior fixação. Na média dos cinco estádios de aplicação do tratamento, a soja reduziu o número flores de 882 para 777, ou seja, 105 flores. Onze por cento das flores produzidas foram abortadas pela ausência de fonte suficiente para mantê-las.

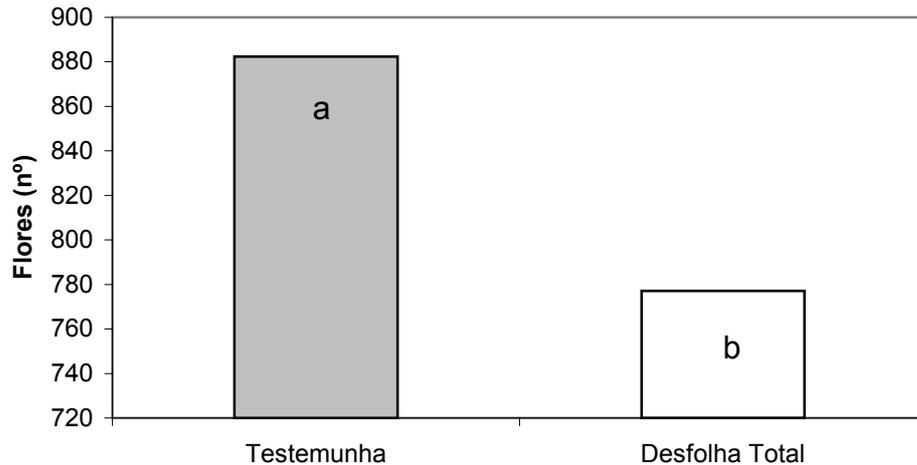


FIGURA 5 – Número de flores em R2 da testemunha e com 100% de desfolha, média de dois espaçamentos entre fileiras e cinco estádios de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os níveis de desfolhamento, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença para os tratamentos de espaçamento entre fileiras.

O potencial de rendimento médio, calculado em R5, foi de 10.257 kg.ha<sup>-1</sup> de soja, ou seja, se todas as flores e legumes presentes no estádio viessem a compor o rendimento na maturação, este seria o rendimento encontrado. O decréscimo do potencial variou dependendo do estádio de desenvolvimento em que a remoção de fonte foi efetuada (Figura 6).

A eliminação total e instantânea da fonte resultou em decréscimo no potencial de rendimento, em relação à testemunha, quando a mesma foi realizada no estádio R4. Nos demais estádios de aplicação do tratamento, não foram encontradas diferenças (Figura 6). O potencial de rendimento foi reduzido de 11.363 kg.ha<sup>-1</sup>, na testemunha, para 6.956 kg.ha<sup>-1</sup> com a desfolha em R4. As plantas desfolhadas nos estádios anteriores tiveram capacidade e tempo de recuperar a área foliar e manter uma taxa de produção de assimilados que

garantissem a fixação de flores e legumes produzidos até aquele momento. Entre os tratamentos de desfolha total, observou-se que quando a mesma foi aplicada em V6 (11.141 kg.ha<sup>-1</sup>), V9 (13.466 kg.ha<sup>-1</sup>) e R2 (10.106 kg.ha<sup>-1</sup>) o potencial de rendimento não diferiu, e que diferenças ocorreram entre os estádios V6 e V9 em relação à R4 (6.956 kg.ha<sup>-1</sup>).

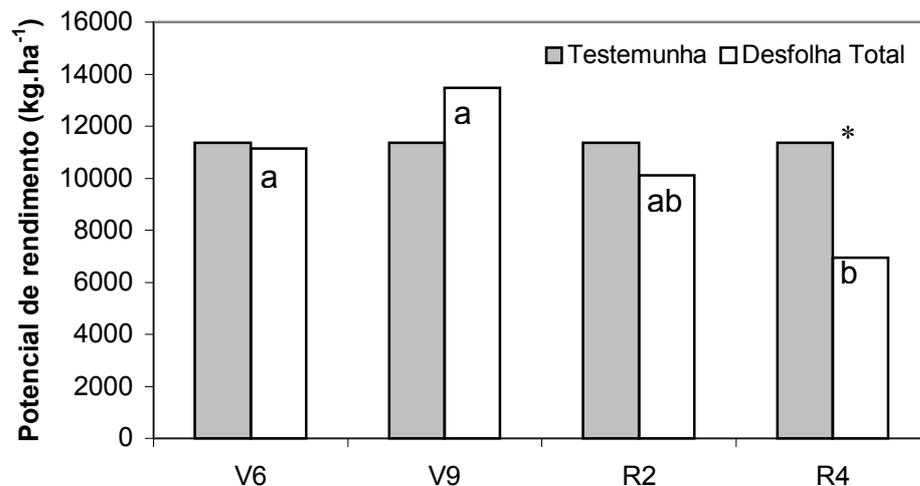


FIGURA 6 – Estimativa do potencial de rendimento (kg.ha<sup>-1</sup>) em R5, da testemunha e com 100% de desfolha em quatro estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estádio de desenvolvimento em relação à testemunha.

Alterações na força de fonte, representadas em diferentes formas como a suplementação hídrica, que aumenta a mesma, ou o sombreamento de folhas, que diminui esta força, resultam em alterações na fixação de flores e legumes e logo no potencial de rendimento da cultura. Maehler (2000) observou redução na perda de potencial de rendimento em R4 e R5 quando a cultura foi suplementada com irrigação. Jiang e Egli (1993) trabalhando com sombreamento, constataram

diminuição no número de legumes por planta pelo aumento no aborto de flores e abscisão de legumes.

O estágio em que o incremento ou a redução no poder de fonte é realizado também tem importância na formação do rendimento durante a ontogenia. Diversos trabalhos, quase a totalidade, citam que a soja é menos afetada pela redução no poder de fonte em período vegetativo do que em reprodutivo e, dentro deste, o período reprodutivo inicial (R1 a R5) é o mais suscetível à redução no poder de fonte (Fehr et al., 1977; Fehr et al., 1981; Pissaia e Costa, 1981; Goli e Weaver, 1986; Grymes et al., 1999; Ribeiro e Costa, 2000).

A variação do potencial de rendimento nos ramos demonstra a plasticidade que as plantas de soja possuem devido a estas estruturas (Figura 7).

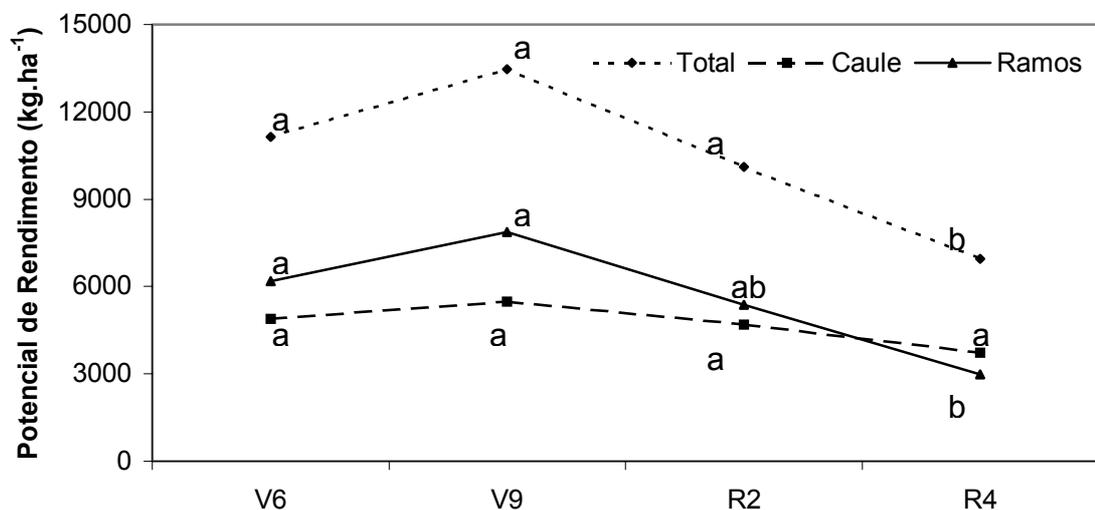


FIGURA 7 – Estimativa do potencial de rendimento (kg.ha<sup>-1</sup>) em R5 com desfolha total, em quatro estágios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estágios de desenvolvimento e na parte da planta avaliada, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Enquanto o caule não alterou a sua contribuição para o potencial de rendimento quando as plantas sofreram a desfolha, os ramos tiveram comportamento diferenciado (Figura 7).

As médias gerais do potencial de rendimento em R5 indicam participação equivalente de caule e ramos (50,5% para ramos e 49,5% para caule). Com a retirada da fonte em V6, V9 e R2 os ramos contribuíram, respectivamente, com 55,5%, 58,5% e 53,2% do potencial de rendimento em R5, não sendo diferentes entre si (Figura 7).

Quando a desfolha foi realizada em R4 a contribuição dos ramos foi equivalente a R2, porém menor que V6 e V9. Esse comportamento provavelmente ocorreu pelo menor tempo de recuperação da área foliar e, logo, da taxa de fotossíntese pós-florescimento, o que gera menor disponibilidade de fotoassimilados no mesmo período, variável esta que controla o rendimento de grãos de soja (Hardman e Brun, 1971). Outro possível motivo pelo acontecido seria a competição entre a retomada das estruturas vegetativas e a produção e fixação dos órgãos reprodutivos. Pedersen e Laurer (2004) citam que as formações de um nó e da folha que com ele está associada representam um novo dreno vegetativo, e estes têm potencial para competir com os órgãos reprodutivos da planta por assimilados. Estas condições determinaram um menor número de nós férteis nos ramos, como será discutido posteriormente neste trabalho, responsável pelo menor potencial de rendimento observado, por reduzir o número de locais aptos ao surgimento de estruturas reprodutivas.

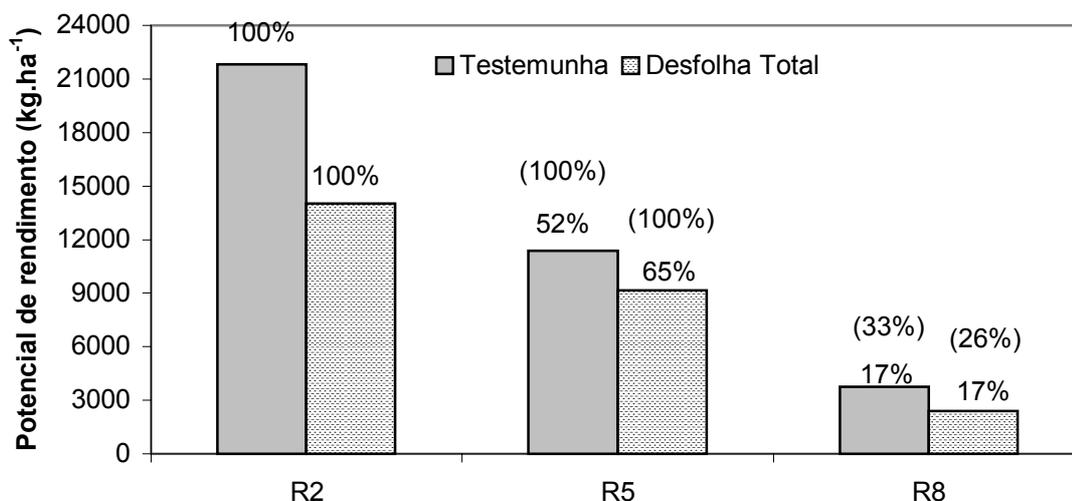


FIGURA 8 – Estimativa do potencial de rendimento (kg.ha<sup>-1</sup>) da soja em três estádios fenológicos, média de dois estádios fenológicos em R2, quatro em R5 e cinco em R8, dois níveis de desfolha e dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

A perda de potencial entre os estádios R2 e R5 foi de 48% e 35% para a testemunha e para o tratamento de remoção da fonte, respectivamente (Figura 8). A maior perda de potencial observada na testemunha provavelmente ocorreu pela alta quantidade de flores presentes em R2, que permitiu, mesmo com maior aborto dessas estruturas, manter maior potencial de rendimento em R5. Infere-se ainda que a reduzida fonte das plantas que foram sujeitadas ao tratamento foi suficiente para manter o potencial encontrado em R5.

O percentual de perda de potencial entre os estádios R2 e R8 foi equivalente para a testemunha e desfolha total. Porém, se o estádio R5 for fixado como 100%, observa-se que a perda de potencial do estádio R8 foi maior (33%) quando as plantas foram sujeitadas a remoção total de fonte. Este fato demonstra que a perda percentual equivalente entre os estádios R2 e R8 não significou

rendimentos equivalentes, tendo em vista que o potencial de rendimento em R2 partiu de um valor menor nas plantas desfolhadas.

#### 4.3- Rendimento de grãos

O rendimento médio de grãos foi de 3080 kg.ha<sup>-1</sup>, sendo influenciado pela interação estágio x nível de desfolhamento e pelo efeito simples do espaçamento entre fileiras. O espaçamento reduzido produziu 3144 kg.ha<sup>-1</sup> proporcionando incremento de 128 kg.ha<sup>-1</sup> (4%) em relação ao espaçamento de 40 cm (Tabela 2). Quando a comparação é realizada entre as testemunhas não desfolhadas, observa-se maior resposta do espaçamento de 20 cm. Um incremento de 210 kg.ha<sup>-1</sup> (5,5 %) é observado entre o espaçamento de 20 cm, cujo rendimento foi de 3851 kg.ha<sup>-1</sup>, e o espaçamento de 40 cm, que produziu 3641 kg.ha<sup>-1</sup>.

TABELA 2 – Rendimento de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) da soja, corrigido a 13% de umidade, em dois espaçamentos entre fileiras na média de cinco estádios fenológicos e testemunha e 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Espaçamento (cm)	Rendimento (kg.ha <sup>-1</sup> )
20	3144 a*
40	3016 b
Média	3080
C.V (%)	6,89

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

CV= Coeficiente de variação.

Este maior rendimento de grãos se deve as vantagens que a redução no espaçamento proporciona. Utilizando-se a mesma população de plantas, condição deste experimento, a redução do espaçamento entre fileiras reduz o número de plantas na linha e, conseqüentemente, diminui a competição

intraespecífica devido a disposição mais próxima da equidistância das plantas na comunidade. Este arranjo espacial permite melhores condições de desenvolvimento das plantas por proporcionar: melhor distribuição de raízes que, logo, exploram mais uniformemente a fertilidade deste solo; mais rápido sombreamento do solo, pois ocorre maior e mais rápida interceptação de radiação solar com diminuição da competição intraespecífica; diminuição da perda de água do solo, pelo mais rápido sombreamento e maior habilidade na competição com plantas daninhas. Diversos trabalhos ressaltam esses fatores como sendo os responsáveis por incrementar o rendimento de grãos em espaçamentos reduzidos (Board et al., 1992; Pires, 1998; Ventimiglia et al., 1999; Pires et al., 2000; Rambo, 2002).

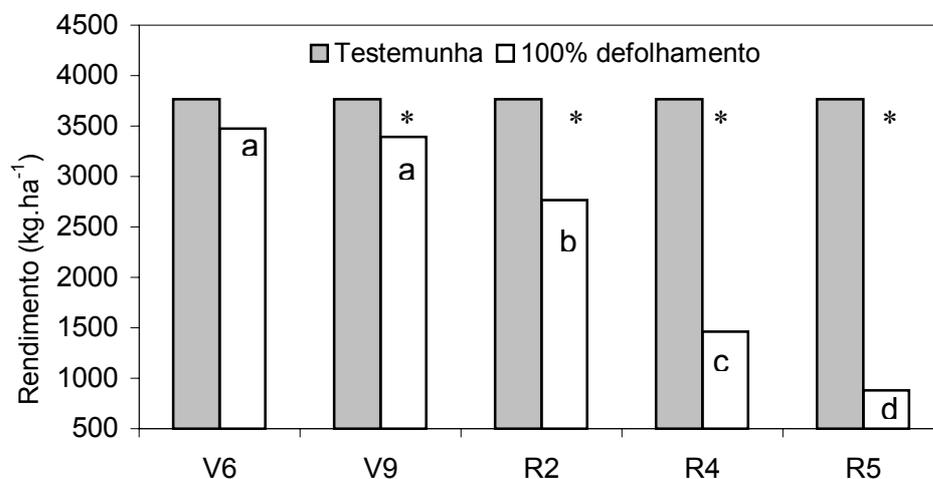


FIGURA 9 – Rendimento de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>), corrigido a 13% de umidade, da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estágio de desenvolvimento em relação à testemunha.

O desfolhamento total redundou em decréscimos no rendimento de grãos a partir do estágio fenológico V9 (Figura 9). Em V9 ( $3.391 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), R2 ( $2.767 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), R4 ( $1460 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) e R5 ( $876 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) o rendimento de grãos foi significativamente menor que a testemunha ( $3766 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). Este resultado concorda com a grande maioria dos trabalhos que indicam o estágio R5 como sendo o mais crítico à perda de área foliar (Costa et al., 2003; Parcianello, 2004) devido a ausência de tempo e capacidade de regeneração do aparato fotossintético e, logo, da incapacidade das plantas de suprirem os órgãos demandantes (legumes e grãos) com assimilados.

Os resultados demonstram que a partir do início do período reprodutivo (R2) perdas substantivas de área foliar ou na capacidade de fonte das plantas, reduzem o rendimento de grãos pela ausência de condições fisiológicas adequadas para manter a fixação, ou número de grãos por área, e posterior crescimento dos órgãos reprodutivos, ou peso do grão. Como discutido até aqui, as modificações morfofisiológicas e na relação fonte-demanda determinaram os rendimentos obtidos, essas relações podem ser mais bem entendidas com a análise dos componentes do rendimento e das variáveis de crescimento.

#### **4.4- Componentes do rendimento**

Houve diminuição de 41% no número de legumes por  $\text{m}^2$  ( $372 \text{ legumes.m}^{-2}$ ) quando o desfolhamento foi aplicado em R4 ( $540 \text{ legumes.m}^{-2}$ ) em relação à testemunha ( $912 \text{ legumes.m}^{-2}$ ) (Figura 10) e de 47% ( $431 \text{ legumes.m}^{-2}$ ) quando aplicado em R5 ( $480 \text{ legumes.m}^{-2}$ ). Comparando a variável dentro do nível de desfolha 100%, constata-se que houveram dois patamares distintos, onde os estágios V6 ( $867 \text{ legumes.m}^{-2}$ ), V9 ( $921 \text{ legumes.m}^{-2}$ ) e R2 ( $810$

legumes.m<sup>-2</sup>) não diferiram entre si mas todos diferiram de R4 e R5, que por sua vez se igualaram.

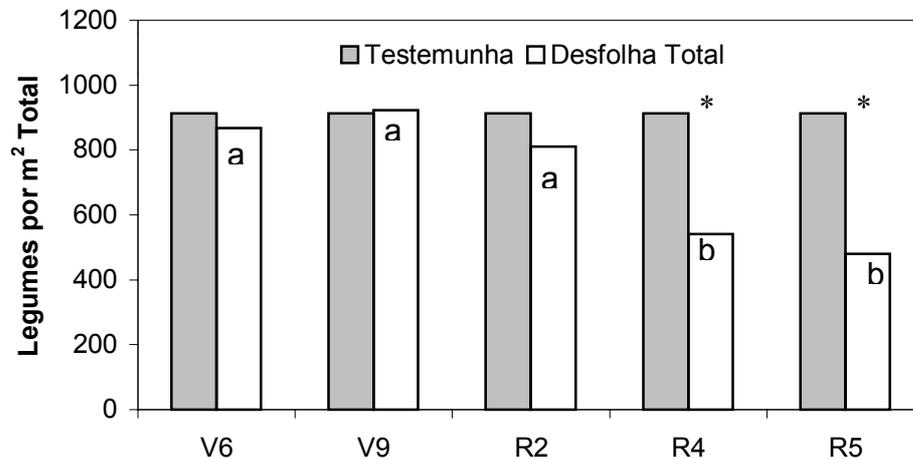


FIGURA 10 – Legumes por metro quadrado na testemunha e desfolha total em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estágio de desenvolvimento em relação à testemunha.

O comportamento apresentado pelo componente legumes por m<sup>2</sup> permite constatar que a redução da força de fonte alterou a variável após iniciada a formação dos legumes e, que, a quantidade de flores existentes em R2, que proporcionou alto potencial de rendimento estimado, permitiu que se mantivesse número adequado de legumes para formação do rendimento de grãos. O resultado, ainda, é coerente com a estimativa do potencial de rendimento em R5 (discutido no Item 4.3 deste trabalho) onde o desfolhamento total em R2 não alterou o potencial de rendimento estimado. Em contrapartida, o rendimento de grãos no tratamento aplicado em R2 foi diferente tanto em relação à testemunha

quanto em relação aos estádios de desfolha anteriores, o que indica que outro componente do rendimento influenciou este comportamento.

O crescimento compensatório, citado por Haile et al. (1998b) como sendo a produção de novas folhas a partir dos meristemas axilares após uma desfolha, observado também nos estádios reprodutivos, aliado ao uso de reservas nas partes vegetativas e para a fixação de estruturas reprodutivas, provavelmente proporcionou a manutenção do número de legumes por área observado quando a desfolha ocorreu em R2. Paralelamente às variáveis citadas, o assincronismo da floração em soja, cujo tempo entre emissão da primeira e da última flor pode levar de 18 a 49 dias (Egli e Bruening, 2002), pode ter colaborado para a fixação das mesmas em legumes, por ter permitido maior tempo para o crescimento compensatório e, logo, para a recuperação do aparato fotossintético e de produção de fotoassimilados.

A desfolha total reduziu o número de legumes.m<sup>-2</sup> no caule em 40% (168 legumes.m<sup>-2</sup>) (Tabela 3),

TABELA 3 – Legumes por metro quadrado no caule na testemunha e 100% de desfolha na média de cinco estádios fenológicos e dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Nível de desfolhamento (%)	Legumes.m <sup>-2</sup> (nº.m <sup>-2</sup> )
0	429 a
100	261 b
Média	345
C.V (%)	18,41

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

CV= Coeficiente de variação.

Quando a remoção de fonte foi aplicada em V9 (669 legumes.m<sup>-2</sup>), o número de legumes.m<sup>-2</sup> em ramos aumentou em relação a testemunha (487

legumes.m<sup>-2</sup>) em 27% (182 legumes.m<sup>-2</sup>) (Figura 11). Este incremento deve-se, provavelmente, a uma maior quantidade de radiação disponível nos estratos médio e inferior do dossel que incentivou, com a recuperação posterior da área foliar, uma melhor produção de fotoassimilados e estímulo à fixação de estruturas reprodutivas na mesma secção, que no estádio em questão já deveria ter uma área foliar suficiente para reprimir a produção das folhas basais e medianas. Já nos estádios V6 (535 legumes.m<sup>-2</sup>) e R2 (569 legumes.m<sup>-2</sup>), não foi constatada diferença significativa entre a desfolha total e a testemunha, contrariamente aos estádios R4 (347 legumes.m<sup>-2</sup>) e R5 (318 legumes.m<sup>-2</sup>) onde a desfolha total não permitiu que as plantas tivessem um adequado suprimento de assimilados que viesse a suplantar o desenvolvimento dos legumes em desenvolvimento ocasionando abscisão dessas estruturas.

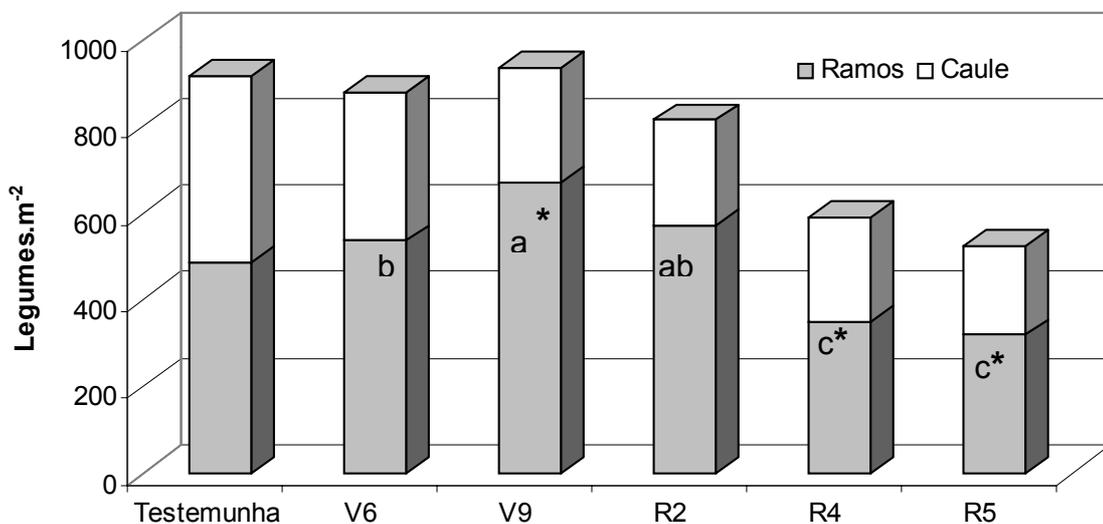


FIGURA 11 – Legumes por metro quadrado na planta inteira, caule e ramos da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento e na parte da planta avaliada, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estádio de desenvolvimento e na planta e em suas partes em relação à testemunha.

O espaçamento reduzido proporcionou acréscimo de 4,8% no número de legumes.m<sup>-2</sup> (Figura 12). Este acréscimo se deve às vantagens que o espaçamento reduzido proporciona como discutido anteriormente neste capítulo, e explica a diferença de rendimento (4%) obtida em favor deste espaçamento.

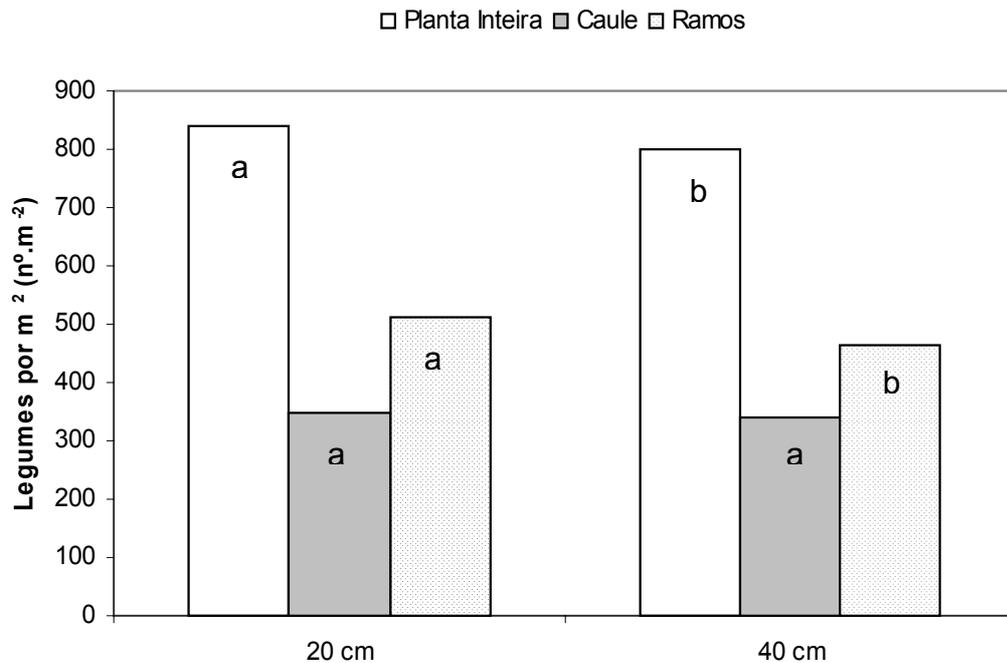


Figura 12 – Legumes por m<sup>2</sup> da soja na planta inteira, caule e ramos, em dois espaçamentos entre fileiras na média de cinco estádios fenológicos e dois níveis de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, na planta e nas partes, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O incremento no número de legumes por área no espaçamento reduzido é resultado da variação da produção destas estruturas nos ramos. A produção de legumes nos ramos por metro quadrado teve um aumento de 10% (51 legumes.m<sup>-2</sup>) no espaçamento de 20 cm em relação ao de 40cm (Figura 12). A redução no espaçamento entre fileiras não influenciou o número de legumes por área do caule.

Este resultado demonstra que a melhor disposição das plantas na comunidade propicia melhor aproveitamento da radiação incidente ao longo do perfil, traduzido em maior quantidade de sítios de frutificação os quais serão mais bem supridos pela maior capacidade de fornecimento de assimilados pelas folhas ao longo deste perfil, resultando em maior número de estruturas reprodutivas por conseguinte (Pires, 1998).

O componente do rendimento número de grãos por legume não foi afetado por nenhum fator isolado e por nenhuma interação sendo a média geral do experimento 2,13. Este resultado concorda com diversos autores que não encontraram diferenças significativas neste componente quando trabalharam com variáveis de manejo (Pires, 1998; Maehler, 2000; Rambo, 2002). Isto se deve ao controle genético (Cooperative..., 1994), ou a característica intrínseca do genótipo, aliada a pouca influência ambiental, fatores que controlam este comportamento.

O peso de 100 grãos médio do presente trabalho foi de 20,12 g sendo influenciado pela interação estágio x nível de desfolha. Alguns autores (Rambo, 2002; Reichert e Costa, 2003; Parciannelo et al., 2004; Rambo et al., 2004) constataram decréscimos no peso de grão quando variaram as condições ambientais e fisiológicas impostas as plantas.

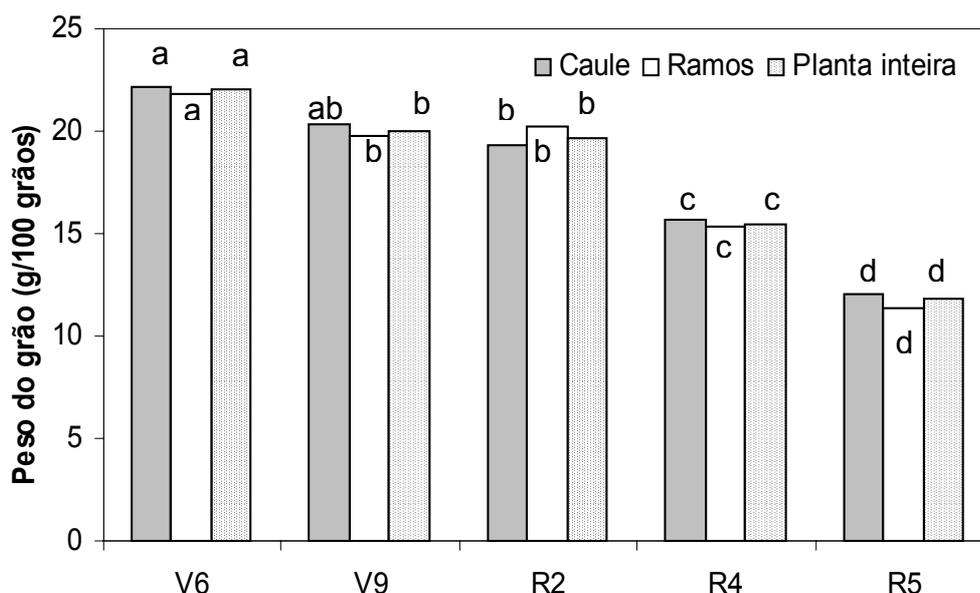


Figura 13 – Peso de 100 grãos no caule, nos ramos e na planta inteira da soja no nível de 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos na média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento e na parte da planta avaliada, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A remoção total da área foliar reduziu o peso de 100 grãos a partir do estágio V9, quando analisada a planta inteira (Figura 13). Os estádios V9, R2, R4 e R5 tiveram o peso de 100 grãos reduzido em relação à testemunha (22,4 g) devido à redução da força de fonte imposta, este comportamento, porém, não foi verificado quando o tratamento foi aplicado no estágio V6. Comparando a variável dentro do nível de desfolha 100%, nota-se que os estádios V9 e R2 não diferiram entre si, mas ambos diferiram de V6, e que, a partir do florescimento, desfolhas totais reduziram progressivamente o peso do grão. As reduções observadas no peso do grão foram equivalentes independentemente da parte da planta avaliada.

Como observado e discutido até aqui, o rendimento de grãos do experimento foi função de alterações em dois dos três componentes primários:

número de legumes por área e peso do grão. A ausência de diferença significativa no rendimento para o tratamento de desfolha aplicado no estágio V6 condiz com a ausência de efeito nos dois componentes citados. Este comportamento indica que a recuperação da área foliar a um nível que atingisse 95% de interceptação de radiação e, logo, a manutenção de uma taxa de crescimento da cultura ótima (Shibles e Weber, 1965), aconteceu anteriormente à fixação das estruturas reprodutivas, o que proporcionou adequado número de legumes por área e, posteriormente, satisfatório peso do grão.

Para os tratamentos em que a remoção total e instantânea de fonte foi imposta nos estádios V9 e R2, observou-se diferença para o componente do rendimento peso do grão, que, em consequência, foi responsável pela redução no rendimento observada para estes tratamentos. O uso de reservas para a recuperação parcial da área foliar possivelmente tenha sido suficiente para suprir a demanda de fixação de legumes, o que possibilitou um número adequado de legumes por área. Porém, quando necessitaram de uma capacidade de fornecimento de assimilados mais alta para sustentar maior demanda, ou seja, para o crescimento do maior número de grãos, as plantas não tiveram esta capacidade. Este efeito foi consequência, possivelmente, da menor capacidade de fonte que, através da possível recuperação apenas parcial da área foliar à custa do translocamento de carbono e nitrogênio de reserva, não foi suficiente para satisfazer esta demanda no período em que a mesma se encontrava mais alta.

Quando a remoção total de fonte foi aplicada no estágio R4, se observou decréscimo no rendimento de grãos, ocasionado pela diminuição no número de legumes por área e peso do grão. O mesmo comportamento foi

constatado quando o tratamento foi aplicado em R5. Infere-se que a remoção da capacidade de fonte a partir do estágio de formação de legumes reduz o rendimento de grãos e seus componentes primários mais responsivos às mudanças ambientais e fisiológicas. Esta mudança é reflexo da incapacidade de regeneração do aparato fotossintético e da insuficiência de reservas capazes de suplantar a alta demanda de formação e enchimento de grãos. Ainda, o estágio R5 teve menor rendimento devido ao menor peso do grão, quando comparado à R4, já que o número de legumes por área não foi diferente entre os referidos estádios. Este comportamento indica que a recuperação da área foliar pós-desfolha em R4 possibilitou maior aporte de assimilados aos grãos em crescimento, o que redundou em peso do grão superior deste tratamento.

O componente secundário do rendimento número de nós férteis.m<sup>-2</sup> teve média de 581. A remoção instantânea da força de fonte originou diferenças quando realizada nos estádios R4 (506 nós férteis) e R5 (368) em relação à testemunha (606) (Figura 14). Quando o tratamento foi aplicado nos estádios V6 (628), V9 (624) e R2 (651) não foram observadas diferenças. Comparando os estádios dentro do tratamento de desfolha total não se observou diferenças entre os estádios V6, V9 e R2, estes que foram diferentes de R4 que por sua vez diferiu de R5.

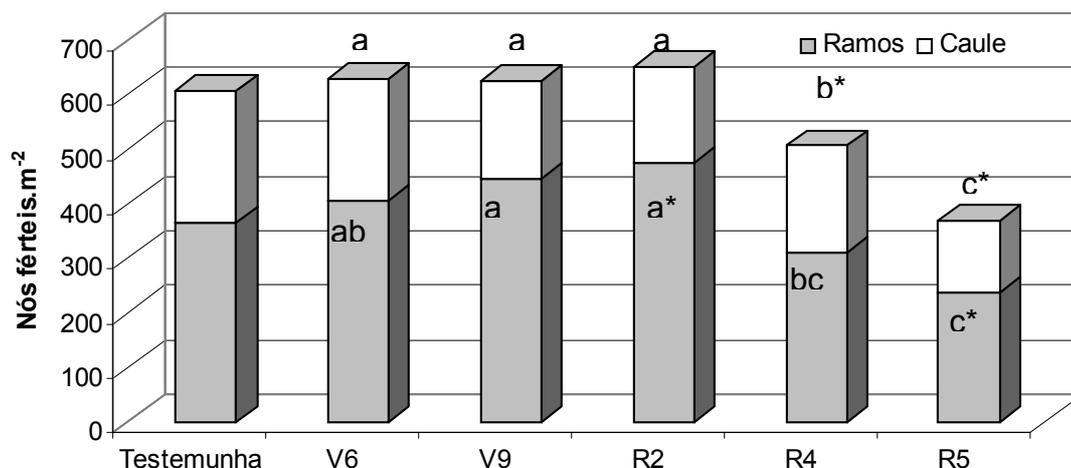


FIGURA 14 – Nós férteis por m<sup>2</sup> na planta inteira, caule e ramos de soja na testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento e na parte da planta avaliada, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estádio de desenvolvimento e na planta e em suas partes em relação à testemunha.

Estes resultados influenciaram o componente do rendimento legumes por área, o qual teve comportamento equivalente. Por representar a quantidade de sítios de frutificação, locais aptos para o surgimento de estruturas reprodutivas, a influencia é direta no número de legumes por área.

A manutenção do número de nós férteis nos estádios de remoção de fonte V6, V9 e R2 se deve à produção dos ramos. Enquanto o número de nós férteis no caule foi influenciado pelo de desfolhamento isoladamente, reduzindo em 25% a variável quando da aplicação do tratamento (241 nós férteis) em relação à testemunha (181), o número de nós férteis nos ramos foi influenciado pela interação estádio X nível de desfolhamento.

Foram observadas diferenças significativas no número de nós férteis nos ramos, em relação à testemunha, quando aplicado o tratamento de desfolha total nos estádios de desenvolvimento R2 e R5 (Figura 14). Quando o tratamento foi aplicado no florescimento, a variável teve acréscimo de 29% em relação à testemunha. Este comportamento provavelmente teve origem na maior disponibilidade de radiação nos estratos basal e inferior do dossel, consequência da remoção foliar, que estimulou a produção dos nós situados nesta secção. Neste estágio de desenvolvimento, a grande quantidade de folhas produzida sombreia as folhas dos estratos inferiores do dossel, diminuindo assim sua contribuição na formação do rendimento de grãos.

Quando aplicado em R5, o tratamento resultou em decréscimo de 35% no número de nós férteis nos ramos. A redução brusca no aporte de assimilados, ocasionado pela remoção do aparato fotossintético, provocou uma redução no número de nós férteis nestas estruturas que viessem a contribuir para formação do rendimento de grãos através da formação e fixação de legumes a estes sítios de frutificação. Este comportamento se refletiu no componente primário do rendimento número de legumes por área como apresentado anteriormente.

Comparando os estádios dentro do tratamento de desfolha total, observa-se que os estádios V6, V9 e R2 não diferiram entre si, R4 diferiu de V9 e R2, não diferindo de V6, enquanto o estágio R5 não diferiu de R4, porém diferiu dos demais estádios. A análise deste componente permite aferir então, que a remoção instantânea de fonte teve seu efeito pronunciado negativamente no estágio R5, enquanto que nos estádios V9 e R2 permitiu manutenção e acréscimo, respectivamente, do componente.

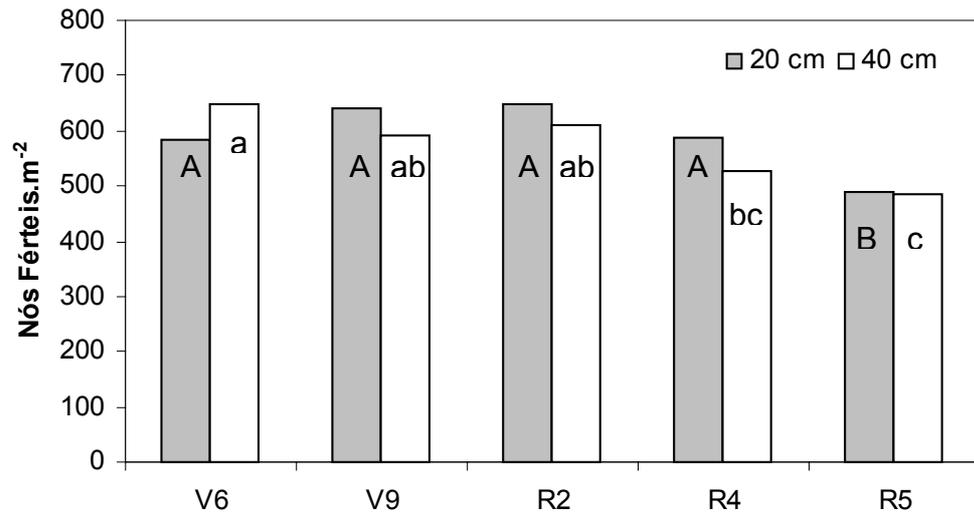


FIGURA 15– Nós férteis por m<sup>2</sup> de soja em dois espaçamentos entre fileiras, cinco estádios fenológicos, média da testemunha e com 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, entre os estádios de desenvolvimento no espaçamento de 20 cm, e minúscula, entre os estádios de desenvolvimento no espaçamento de 40 cm, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No espaçamento de 20 cm foi observada redução no número de nós férteis quando o tratamento foi aplicado no estádio R5 (Figura 15). Já no espaçamento de 40 cm, R5 se equivale a R4 e ambas se diferenciam de V6, porém R4, R2 e V9 são equivalentes, da mesma forma que V6, V9 e R2.

Os resultados mostram menor variação no número de nós férteis.m<sup>-2</sup>, ou maior estabilidade do mesmo, através dos estádios de aplicação da remoção da força de fonte para o espaçamento de 20 cm. Este comportamento pode ser função da melhor capacidade que as plantas têm para realizar o crescimento compensatório e, logo, reaver sua capacidade de fornecimento de assimilados para os órgãos demandantes.

Através dos componentes pode-se calcular o rendimento que as plantas teriam no estádio de maturação se não ocorressem perdas deste estádio

à pós-colheita. O rendimento calculado foi influenciado pela interação estágio x nível de desfolhamento e pelo efeito simples do espaçamento.

O rendimento calculado através dos componentes “primários” demonstrou comportamento semelhante ao rendimento de grãos da parcela.

A manutenção do rendimento para os tratamentos de remoção de fonte nos estádios V6 (3995 kg.ha<sup>-1</sup>) e V9 (3905 kg.ha<sup>-1</sup>) se deve aos ramos, cujo rendimento não foi alterado pelo tratamento, observando-se inclusive acréscimo de produção dessas estruturas quando imposto o tratamento no estágio V9 (Figura 16). Para o estágio R2 (3224 kg.ha<sup>-1</sup>), embora a produção dos ramos não tenha sido afetada pela restrição da fonte, a redução da participação do caule proporcionou decréscimo no rendimento de grãos, estrutura esta que foi negativamente afetada em todos os estádios de aplicação. A menor contribuição do caule, aliada a redução da produção dos ramos, provocou decréscimo no rendimento de grãos para os estádios R4 (1680 kg.ha<sup>-1</sup>) e R5 (1059 kg.ha<sup>-1</sup>), demonstrando a sensibilidade destes estádios à redução na disponibilidade de assimilados pela incapacidade de regeneração das estruturas fotossintéticas e reservas capazes de proporcionar disponibilidade adequada.

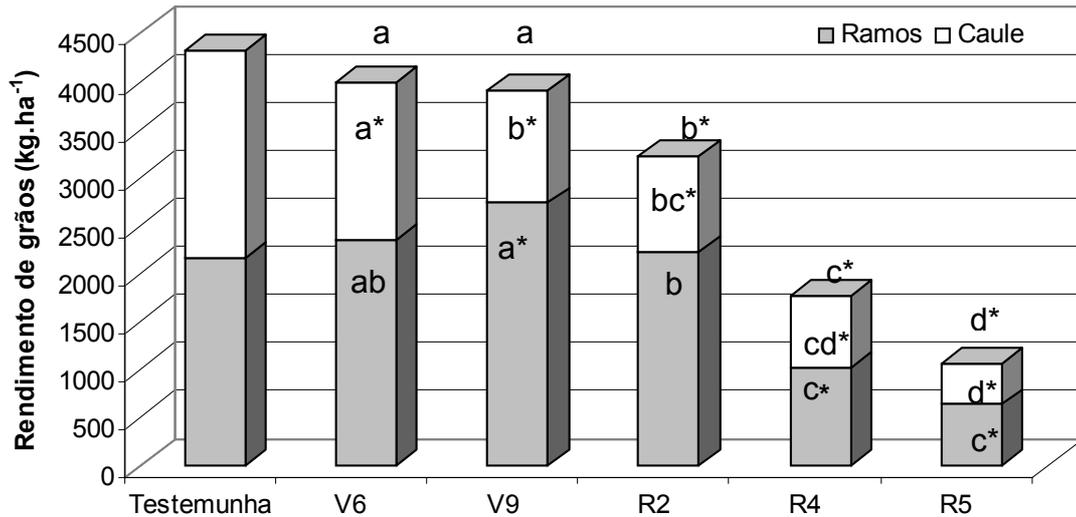


FIGURA 16 – Rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado a partir dos componentes do rendimento ( $\text{legumes}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $\text{grãos}\cdot\text{legume}^{-1}$  e peso de 100 grãos) no caule, nos ramos e na planta inteira da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento e na parte da planta avaliada, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estágio desenvolvimento e na planta e em suas partes em relação à testemunha.

O efeito da redução do espaçamento no rendimento calculado foi semelhante ao rendimento da parcela. Acréscimo de 4,6 % no rendimento de grãos calculado foi observado para o espaçamento de 20 cm em relação ao de 40 cm (Tabela 4), diferença esta semelhante ao rendimento da parcela e explicado pelo componente primário do rendimento número de legumes por área como discutido anteriormente.

TABELA 4 – Rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculados a partir dos componentes do rendimento da soja em dois espaçamentos entre fileiras na média de cinco estádios fenológicos e testemunha e 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Espaçamento (cm)	Rendimento Calculado ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
20	3637 a
40	3469 b
Média	3553
C.V (%)	7,54

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

CV= Coeficiente de variação.

O rendimento de grãos calculado médio do experimento foi 15% superior ao rendimento de grãos da parcela (Tabela 5). Esta diferença é resultado das perdas ocorridas durante a trilha da soja. Saraiva (2004) observou diferenças na ordem de 30% entre o rendimento calculado e o rendimento de grãos da parcela pela mesma razão.

TABELA 5 – Comparação entre o rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) calculado a partir dos componentes do rendimento da soja e o rendimento da parcela na média de dois espaçamentos entre fileiras, cinco estádios fenológicos e testemunha e 100% de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Média Experimental ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	CV (%)
Calculado	3553 (115%)	7,54
Parcela	3080 (100%)	6,89

CV= Coeficiente de variação.

#### 4.5- Variáveis de crescimento das plantas

A matéria seca das plantas em R8 foi influenciada pela interação estágio x nível de desfolhamento. Todos os estádios de desenvolvimento sujeitos a remoção total de fonte tiveram a produção de matéria seca decrescida em

relação à testemunha (Figura 17). A produção total de matéria seca foi 19 % menor quando o tratamento foi aplicado em V6 (297 g.m<sup>-2</sup>) em relação à testemunha (364 g.m<sup>-2</sup>), 22% em V9 (287 g.m<sup>-2</sup>), 21% em R2 (291 g.m<sup>-2</sup>), 20% em R4 (292 g.m<sup>-2</sup>) e 43% em R5 (211 g.m<sup>-2</sup>).

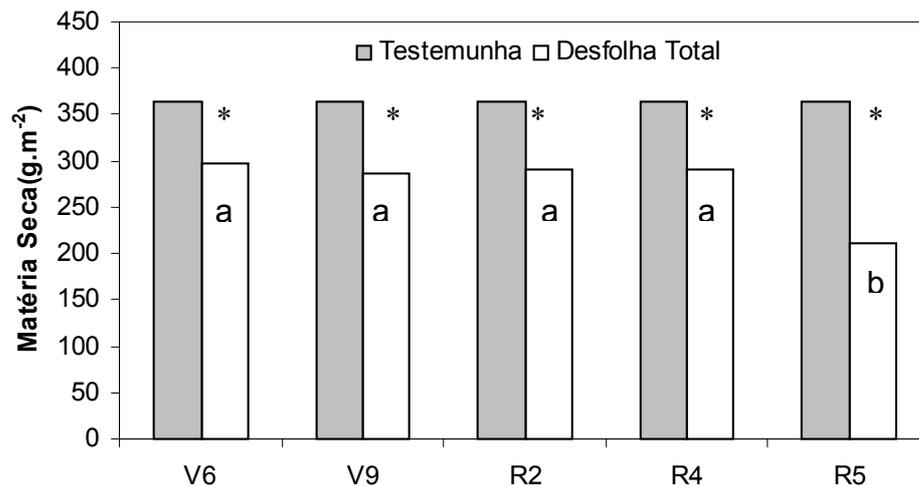


FIGURA 17 – Matéria seca (g.m<sup>-2</sup>) em R8 da testemunha e com 100% de desfolha em cinco estádios fenológicos, média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. Médias seguidas da mesma letra, entre os estádios de desenvolvimento no nível 100% de desfolha, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*Significativo a 5% de probabilidade no estágio de desenvolvimento.

Quando se avalia a produção de matéria seca em R8 dentro do nível de desfolhamento 100%, nota-se que ocorreu diferença quando o tratamento foi imposto no estágio R5 em relação aos demais estádios de desenvolvimento. Este resultado é função da ausência de tempo hábil para as plantas retomarem o crescimento vegetativo aliado a perda de produção reprodutiva, ou diminuição do número de legumes férteis por área e peso final do grão. A brusca diminuição do aporte de assimilados que viria a sustentar este desenvolvimento proporcionou este comportamento.

Contrastando a produção de matéria seca com o rendimento de grãos (item 4.3 deste trabalho) percebe-se que, para o estágio V6, a produção reduzida de matéria seca não teve a intensidade necessária para diminuir o rendimento de grãos. Já para os demais estádios a redução observada em relação à testemunha colaborou para a diminuição no rendimento de grãos dos tratamentos. Quando a mesma comparação é feita dentro do tratamento de remoção da força de fonte, percebe-se que a manutenção da matéria seca total para os estádios V9, R2 e R4 não garantiu rendimentos de grãos equivalentes. Enquanto a matéria seca total não variou nestes estádios, o rendimento de grãos decresceu seqüencialmente a partir de V9. Este comportamento pode ser função da competição entre o crescimento vegetativo e o crescimento dos órgãos reprodutivos para os estádios de desenvolvimento reprodutivos, já que a aplicação do tratamento no estágio V9 não resultou em diferença no rendimento de grãos quando comparado a V6. A remoção total e instantânea de fonte no estágio R5 resultou na menor produção de matéria seca e no menor rendimento de grãos observado no experimento.

Modali (2004) refere que uma quantidade de MS de  $600 \text{ g.m}^{-2}$  em R5 é suficiente para garantir elevados rendimentos e, que incrementos na MS a partir deste valor, não se refletem em aumentos no rendimento de grãos. Este parâmetro pode explicar o comportamento para o tratamento de desfolha total em V6, que possivelmente possuía, em R5, a quantidade de MS necessária para atingir rendimento equivalente ao da testemunha. Porém, para os tratamentos restantes, o tempo fenológico em que esta MS é formada, assim como os processos morfofisiológicos pelos quais as plantas estão passando, parece ter maior importância na formação do rendimento de grãos.

Shibles e Weber (1966) relatam que o rendimento obtido por uma lavoura de soja é função da produção de assimilados e da proporção da utilização destes assimilados pelas partes vegetativas e reprodutivas das plantas. Similarmente, Ball et al. (2000) propõem que o rendimento é determinado pelo produto da fitomassa e índice de colheita e, logo, maiores rendimentos podem ser alcançados se incrementada a quantidade de fitomassa.

No presente trabalho, além de decréscimos na produção total de matéria seca, ocorreram decréscimos na proporção da matéria seca total destinada a produção dos grãos, ou índice de colheita, no rendimento biológico aparente e na taxa de enchimento de grãos.

Tabela 6 – Rendimento biológico aparente (R<sub>Ba</sub>), índice de colheita (I<sub>Ca</sub>) e taxa de enchimento de grãos (TEG) em cinco estádios de desenvolvimento, dois níveis de desfolha, na média de dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Variáveis do Crescimento		Estádio				
		V6	V9	R2	R4	R5
R <sub>Ba</sub> (g.m <sup>-2</sup> )	Testemunha	..... 797,9 .....				
	Desfolha Total	696,4 a*	677,5 ab*	613,8 b*	469,1 c*	317,1 d*
I <sub>Ca</sub> (%)	Testemunha	..... 54,4 .....				
	Desfolha Total	57,4 a	57,7 a	52,6 b	37,9 c*	33,8 d*
TEG (g.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Testemunha	..... 24,6 .....				
	Desfolha Total	22,7 a	22,2 a	18,3 b*	9,5 c*	6,0 d*
Médias / CV (%)	R <sub>Ba</sub> / I <sub>Ca</sub> / TEG	(676,3 / 7,2)/ (51,1 / 3,9)/ (20,2 / 7,5)				

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

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, no estádio de desenvolvimento, em relação à testemunha.

CV= Coeficiente de variação.

O R<sub>Ba</sub> foi alterado pela remoção de fonte em todos os estádios em que a mesma foi imposta (Tabela 6). Por representar o somatório do peso de grãos

com o peso da matéria seca na maturação, o resultado apresentado indica que a remoção das folhas, ou capacidade de fonte das plantas, altera a produção total aparente das plantas, seja afetando a capacidade de produção vegetativa, ou de crescimento, seja afetando a produção reprodutiva e o balanço entre estes dois fatores da produção.

Embora a eficiência de transformação da produção total das plantas em grãos (ICa) tenha sido diminuída nos estádios R4 e R5 em relação à testemunha (Tabela 6), a partir do florescimento já se constata alteração quando a comparação é feita entre os tratamentos de remoção total e instantânea da força de fonte. Este resultado demonstra que, mesmo a produção de matéria seca sendo equivalente entre os tratamentos de desfolha até R4, a eficiência de transformação desta matéria seca foi diminuída possivelmente pela competição entre a produção vegetativa e reprodutiva.

Este resultado pode ser mais bem entendido pela variável taxa de enchimento de grãos que diferiu significativamente da testemunha nos estádios R2, R4 e R5 (Tabela 6). Os mesmos estádios tiveram a variável reduzida em relação aos estádios vegetativos de aplicação do tratamento e, entre eles, progressivamente a TEG decresceu conforme se avançou o estágio em que a remoção de fonte foi imposta. A utilização de assimilados para o crescimento, em detrimento da produção reprodutiva, provavelmente ocorreu para os tratamentos aplicados nos estádios R2 e R4, que impediu, portanto, que uma maior quantidade de assimilados fossem translocados aos grãos o que geraria maior peso do grão e, logo, maior rendimento. Esta competição, ainda, resultou num menor número de legumes por área quando o tratamento foi imposto em R4, fato este que auxiliou na redução da TEG por ter a capacidade de demanda limitada.

Quando o tratamento foi aplicado no início do enchimento de grãos, todas as variáveis de crescimento foram negativamente alteradas. Ocorreu menor produção de MS, menor RBa, menor ICa e menor TEG. Este resultado demonstra a grande sensibilidade deste período à redução na capacidade de fonte das plantas, as quais têm seu rendimento decrescido pela conjunção de alterações nas diversas variáveis de crescimento das plantas.

A redução do espaçamento entre fileiras alterou as variáveis de crescimento das plantas RBa, ICa e TEG, que se mostraram co-responsáveis pelas alterações visualizadas no rendimento de grãos (Tabela 7). A matéria seca total não foi diferente entre os espaçamentos, indicando que as diferenças encontradas no rendimento ocorreram em função do ICa e da TEG.

Tabela 7 – Rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita (ICa) e taxa de enchimento de grãos (TEG), em dois espaçamentos entre fileiras, na média de cinco estádios de desenvolvimento e dois níveis de desfolha. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Variáveis do	Espaçamento (cm)		CV (%)
	20	40	
Crescimento			
RBa (g.m <sup>-2</sup> )	689,7 a	662,9 b	7,2
ICa (%)	51,7 a	50,6 b	3,9
TEG (g.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	20,6 a	19,7 b	7,5

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

CV= Coeficiente de variação.

A diferença de, aproximadamente, 4% entre o rendimento biológico aparente do espaçamento de 20 cm entre fileiras em relação ao de 40 cm, evidencia que o peso de grãos desta variável (soma do peso da matéria seca e do peso de grãos) foi o diferencial entre os dois tratamentos, pois o mesmo percentual de diferença foi encontrado para o rendimento de grãos.

A TEG foi, da mesma forma, aproximadamente 4% superior no espaçamento de 20 cm em relação ao de 40 cm. Se considerarmos que a taxa de crescimento individual da semente tenha sido equivalente entre os espaçamentos, assim como duração do enchimento de grãos (DEG), componentes estes com alto controle genético (Cooperative..., 1994), percebe-se que a alteração constatada na variável em questão é resultado do maior número de legumes por área que, aliado à ausência de diferença no número de grãos por legume, representa um maior número de grãos por área e, logo, uma maior quantidade de assimilados se faz necessário para suprir o crescimento deste maior número de grãos.

O ICa da mesma forma concorda com os resultados do rendimento e seus componentes, onde uma maior eficiência de conversão foi notada no espaçamento de 20 cm que, tendo a mesma produção de matéria seca total, apresentou melhor eficiência em convertê-la a legumes e grãos, mais uma vez impulsionada pela aumentada capacidade de demanda. Resultados semelhantes foram encontrados por Saraiva (2004) que, trabalhando com dois espaçamentos entre fileiras, encontrou diferenças na ordem de 26% no índice de colheita e 8% na TEG para o espaçamento de 20 cm em relação ao de 40 cm. Pires (1998) observou incremento na ordem de 25% na TEG quando reduziu o espaçamento entre fileiras de 40 para 20 cm, e sugeriu que esta diferença tenha sido função de um maior equilíbrio entre fonte e demanda que, por sua vez, proporcionou um maior número de legumes por área.

## 5. CONCLUSÕES

A remoção total e instantânea da fonte reduziu o potencial de rendimento no florescimento (R2). O potencial ao início do enchimento de grãos (R5) foi reduzido quando a remoção de fonte foi realizada no estágio de formação de legumes (R4). Quando a remoção foi realizada nos estádios vegetativos e no florescimento, o potencial de rendimento não foi reduzido.

O rendimento de grãos foi menor quando a fonte foi removida nos estádios V9, R2, R4 e R5, sendo este último o mais crítico. Os componentes do rendimento responsáveis por este comportamento foram legumes.m<sup>-2</sup> e peso de grãos. O início do enchimento de grãos (R5) foi o período mais crítico à remoção da fonte pela incapacidade das plantas fornecer assimilados às estruturas reprodutivas. A redução do espaçamento entre fileiras de soja, para as condições de condução do experimento e cultivar utilizada, proporcionou aumento da tolerância da soja ao desfolhamento, devido a contribuição dos ramos.

Redução na matéria seca e no rendimento biológico aparente (Rba) foi observada em todos os estádios de aplicação da remoção da fonte, sendo R5 o mais crítico. O índice de colheita aparente (ICa) foi reduzido quando o tratamento foi aplicado em R4 e R5. A taxa de enchimento de grãos (TEG) foi diminuída quando a remoção de fonte foi realizada em R2, R4 e R5. O espaçamento reduzido foi responsável por incrementos no Rba, ICa e TEG.

A compensação do rendimento, pela variação nos componentes, quando realizada a remoção total e instantânea da fonte, foi função da maior contribuição dos ramos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOCK, B.; ACOCK, M.C. Periodic shading and the location and timing of branches in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, p.949-950, 1987.
- BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Short-Season Soybean Yield Compensation in Response to Population and Water Regime. **Crop Science**, Madison, v.40, p.1070–1078, 2000.
- BALLARÉ, C.L.; CASSAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.67, p.149-160, 2000.
- BARTZ, H.R. (Coord.) **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.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica/UFRGS**. Porto Alegre: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 60p.
- 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.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p.1103-1106, 1994.
- BOARD, J.E.; WIER, A.T.; BOETHEL, D.J. Soybean yield caused by defoliation during mid to late seed filling. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, p.1074-1079, 1994.
- BOARD, J.E.; WIER, A.T.; BOETHEL, D.J., Source strength influence on soybean formation during early and late reproductive development. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1104-1110, 1995.
- BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.6, p.567-572, 1996.
- BOARD, J.E.; WIER, A.T.; BOETHEL, D.J. Critical light interception during seed filling for insecticide application and optimum Soybean grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.3, p.369-374, 1997.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Late-planted soybean yield response to reproductive source/sink stress. **Crop Science**, Madison, v.38, n.3, p.763-771, 1998.

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.

CARLSON, J.B.; LERSTEN, N.R. Reproductive morphology. In: SOYBEANS: Improvement, production and uses. 2<sup>nd</sup> ed. Madison: ASA-CSSA-SSA, 1987. p. 95-134. (Agronomy Monograph, 16)

CHARLES-EDWARDS, D.A. On the ordered development of plants 1: an hypothesis. **Annals of Botany**, Oxford, v.53, p.699-707, 1984.

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

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

COSTA, J.A.; OPLINGER, E.S.; PENDLETON, J.W. Response of soybean cultivars to planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.1, p.153-156, 1980.

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, M.A.G.; BALARDIN, R.S.; COSTA, E.C.; GRUTZMACHER, A.D.; DASILVA, M.T.B. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.813-819, 2003.

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

DALLING, M.J. The physiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereals. In: EXPLOITATION of physiological and genetic variability to enhance crop productivity. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1985. p. 55-71.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H **Yield responde to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33)

EGLI, D.B. Seed growth and development. In: PHYSIOLOGY and determination of crop yield, Madison: CSSA:ASSA:SSSA, 1994. p. 127-148.

- EGLI, D.B. Cultivar maturity and potential yield of soybeans. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.32, p.147-158, 1993.
- EGLI, D.B.; BRUNING, W.P. Synchronous flowering and fruit set at phloem-isolated nodes in soybean. **Crop Science**, Madison, v.42, p.1535–1540, 2002.
- EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E.; DUNCAN, W.G. Influence of N stress on leaf senescence and N redistribution in soybeans. **Agronomy Journal**, Berlin, v.70, n.1, p.43-47, 1978.
- EGLI, D.B.; WARDLAW, I.F. Temperature response of seed growth characteristics of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.560-564, 1980.
- EGLI, D.B.; MECKEL, L.; PHILLIPS, R.E.; RADCLIFFE, D.; LEGGETT, J.E. Moisture stress and N redistribution in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.1027-1031, 1983.
- EGLI, D.B.; GUFFY, R.D.; LEGGETT, J.E. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, p.917-922, 1985a.
- EGLI, D.B.; GUFFY, R.D.; MECKEL, L.W.; LEGGETT, J.E. The effect of source-sink alterations on soybean seed growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.55, p.395-402, 1985b.
- EGLI, D.B.; RAMSEUR, E.L.; YU.Z.- W.; SULLIVAN, C.H. Source-sink alterations affect the number of cells in soybean cotyledons. **Crop Science**, Madison, v.29, p.732-735, 1989.
- EGLI, D.B.; YU, Z-W. Crop growth rate and seeds per unit of area in soybean. **Crop Science**, Madison, v.31, p.439-442, 1991.
- EGLI, D.B.; CRAFTS-BRANDNER, S.J. Soybean. In: PHOTOASSIMILATE distribution in plants and crops. New York, Marcel Dekker: Source-Sink Relationships, 1996. p. 595-623
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; VORST, J.J. Response of indeterminate and determinate soybean cultivars to defoliation and half-plant cut-off. **Crop Science**, Madison, v.17, p.913-917, 1977.
- FEHR, W.R.; LAWRENCE, B.K.; THOMPSON, T.A. Critical stages of development for defoliation of soybean. **Crop Science**, Madison, v.21, n.1, p.259-262, 1981.
- FELLOWS, R.J.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. A pod leakage technique for phloem translocation studies in soybean ( *Glycine max* L. Merr.). **Plant Physiology**, Rockville, v.62, p.812-814, 1978.

GASSEN, D.N. O desfolhamento e a planta de soja. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.13, p.26, jan/fev, 2001.

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

GOLI, A.; WEAVER, D.B. Defoliation responses of determinate and indeterminate late-planted soybeans. **Crop Science**, Madison, v.26, n.1, p.156-159, 1986.

GRYMES, C.F; GRIFFIN, J.L; BOETHEL; D.J, LEONARD, B.R; JORDAN, D.L; RUSSIN, J.S. Soybean response to weed interference and defoliation. **Weed Science**, Champaign, v.47, n.1, p.90-94, 1999.

GULDAN, S.J.; BRUN, W.A. Relationship of cotyledons cell number and seed respiration to soybean seed growth. **Crop Science**, Madison, v.25, p.815-819, 1985.

HAILE, F.J.; HIGLEY, L.G.; SPECHT, J.E. Soybean cultivars and insect defoliation: yield loss and economic injury levels. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.344-352, 1998a.

HAILE, F.J.; HIGLEY, L.G.; SPECHT, J.E.; SPOMER, S.M. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.353-362, 1998b.

HANWAY, J.J.; WEBER, C.R. Dry matter accumulation in soybean [*Glycine max(L) Merrill*], plants as influenced by N, P and K fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.2, p. 263-266, 1971.

HARDMAN, L.L.; BRUN, W.A.. Effect of atmospheric carbon dioxide enrichment at different developmental stages on growth and yield components of soybeans. **Crop Science**, Madison, v.11, p.886–888, 1971.

HEITHOLT, J.J.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. Characteristics of reproductive abortion in soybean. **Crop Science**, Madison, v.26, p.589-595, 1986.

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

HSU, F.C.; BENNETT, A.B.; SPANSWICK, R.M. Concentration of sucrose and nitrogenous compounds in the apoplast of developing seed coats and embryos. **Plant Physiology**, Rockville, v.75, p.181-186, 1984.

JIANG, H.; EGLI, D.B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.221-225, 1993.

JOHNSON, T.J.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.577-581, 1969.

KLUBERTANZ, T.H.; PEDIGO, L.P.; CARLSON, R.E. Soybean physiology, regrowth, and senescence in response to defoliation. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.4, p.577-582, 1996.

KOLLMAN, G.E.; STREETER, J.G.; JEFFERS, D.L.; CURRY, R.B. Accumulation and distribution of mineral nutrients, carbohydrates, and dry matter in soybean plants as influenced by reproductive sink size. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, p.549-954, 1974.

LARSON, E.M.; HESKETH, J.D.; WOOLLEY, J.T.; PETERS, D.B. Seasonal variation in apparent photosynthesis among plant stands of different soybean cultivars. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.2, p.3-20, 1981.

LAYZELL, D.B.; LARUE, T.A. Modeling C and N transport to developing soybean fruits. **Plant Physiology**, Rockville, v.70, p.1290-1298, 1982.

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

MECKEL, L.; EGLI, D.B.; PHILLIPS, R.E.; RADCLIFFE, D.; LEGGETT, J.E. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.75, p.1027-1031, 1984.

METZ, G.L.; GREEN, D.E.; SHIBLES, R.M. Reproductive duration and date of maturity in populations of three wide soybean crosses. **Crop Science**, Madison, v.25, p.171-176, 1985.

MODALI, H. **Dry matter accumulation by the start of seed filling as a criterion for yield optimization in soybean**. 2004. 114f. Dissertação (Doutorado em Fisiologia) - Faculty of Louisiana State, University and Agricultural and Mechanical College, Baton Rouge, 2004.

MOURA, G.M. **Rendimento de grãos e acúmulo de matéria seca em resposta ao desfolhamento na soja (*Glycine Max* (L.) Merrill)**. 1981. 157f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.

MOURA, G.M.; COSTA J.A. Acúmulo de matéria seca em resposta ao desfolhamento na soja. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.3, p.47-61, 1981.

NEYSHABOURI, M.R.; HATFIELD, J.L. Soil water deficit effects on semi-determinate and indeterminate soybean growth and yield. **Field Crops Research**, v.15, p.73-84, 1986.

NOODÉN, L.D. Senescence in the whole plant. In: **SENESCENCE** in plants. Boca Raton: CRC Press. Fla, 1980. p.219-258.

NOODÉN, L.D.; GUIAMÉT, J.J. Regulation of assimilation and senescence by the fruit in monocarpic plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.77, p.267-274, 1989.

OGREN, W.L.; RINNE, R.W. Photosynthesis and seed metabolism. In: **SOYBEANS**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p. 391-416 (Agronomy, 16).

PACOVA, B.E.V. **Acúmulo de matéria seca durante o período reprodutivo, maturidade fisiológica e outras características agrônômicas de três cultivares de soja, testadas em duas épocas de semeadura**. 1977. 111f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

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

PARCIANELLO, G.; COSTA, J.A; PIRES, J.L.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.357-364, mar-abr, 2004.

PEDERSON, P.; LAUER, J.G.. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, p.1372-1381, 2004.

PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.31, p.341-368, 1986.

PETERS, D. B.; PENDLETON, J. W.; HAGEMAN, R. H.; BROWN, C. M. Effect of night air temperature on grain yield of corn, wheat and soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.809, 1971.

PETERSON, R.K.D.; HIGLEY, L.G. Temporal changes in soybean gas exchange following simulated insect defoliation. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.4, p.550-554, 1996.

PFEIFFER, T.W.; EGLI, D.B. Heritability of seed filling period estimates in soybean. **Crop Science**, Madison, v.28, p.921-925, 1988.

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 do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

PIRES, J. L.; COSTA, J.A.; THOMAS, A. L.; MAHLER, A.R. 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.

PISSAIA, A.; COSTA, J.A. Influência de desfloramentos artificiais sobre o rendimento de grãos e seus componentes em duas cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.4, p.507-516, 1981.

PISSAIA, A.; COSTA, J.A. Comparação entre índice de área foliar, peso específico de folhas e rendimento de grãos, em duas cultivares de soja. **Revista Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v.11, n.1-2, p.145-160, 1989/1991.

RAINBIRD, R.M.; THORNE, J.H.; HARDY, R.W.F. Role of amides, amino acids, and ureides in the nutrition of developing soybean seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v.74, p.329-334, 1984.

RAMBO, L. **Crescimento e rendimento de soja por estrato do dossel em resposta a competição intraespecífica**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura)- Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, jan-fev, 2004.

RAPER, C.D.; THOMAS J.R. Photoperiodic alteration of dry matter partitioning and seed yield in soybeans. **Crop Science**, Madison, v.18, p.654-656, 1978.

REICHERT, J.L.; COSTA, E.C. Desfolhamentos contínuos e seqüenciais simulando danos de pragas sobre a cultivar de soja BRS 1371. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.1-6, 2003.

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, RS: UFRGS, 2003. 137p.

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

RIBOLDI, J. **Delineamentos experimentais de campo**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1993. 71p. (Cadernos de matemática e estatística).

ROHWEDER, D.A. **Fundamentos de práticas culturais**. Porto Alegre: SNT, 1969. 215p.

SALADO-NAVARRO, L.R.; SINCLAIR, T.R.; HINSON, K. Comparisons among effective filling period, reproductive period duration, and R5-R7 in determinate soybean. **Crop Science**, Madison, v.25, p.1050-1054, 1985.

SARAIVA, L.A.T. **Aumento do rendimento de grãos de soja com o manejo de plantas daninhas e espaçamento entre fileiras**. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura)- Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SEEDINGH, M.; JOLLIFF, G.D. The effects of night temperature on dry matter partitioning and seed growth of indeterminate field grow soybean. **Crop Science**, Madison, v.24, p.704-710, 1984.

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

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p.55-59, 1966.

SHIBLES, R.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. Soybean. In: CROP physiology- some case history, New York: Ed. Cambridge University Press, 1975. p. 151-189.

SHIBLES, R.; SECOR, J.; FORD, D.M. Carbon assimilate and metabolism. In: SOYBEANS: improvement, production and uses. 2<sup>nd</sup> ed. Madison: ASA:CSSA:SSSA, 1987. p. 535-588. (Agronomy Monograph, 16).

SINCLAIR, T.R.; DEWIT, C.T. Comparative analysis of photosynthate and nitrogen requirements in the production of seed by various crop. **Science**, New York, v.18, p.565-567, 1975.

SINCLAIR, T.R.; DEWIT, C.T. Analysis of the carbon and nitrogen limitations to soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.319-324, 1976.

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

SMITH, J.R.; NELSON, R.L. Predicting yield from early generation estimates of reproductive growth periods in soybean. **Crop Science**, Madison, v.27, p.471-474, 1987.

STREETER, J.G.; JEFFERS, D.L. Distribution of total non-structural carbohydrates in soybean plants having increased reproductive load. **Crop Science**, Madison, v.19, p.729-734, 1979.

SUWIGNYO, R.A.; NOSE, A.; KAWAMITSU, Y. Effects if manipulations of source and sink on the carbon exchange rate and some enzymes of sucrose metabolism in leaves of soybean (*Glycine max* (L.) MERRILL). **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.36, n.8, p.1439-1446, 1995.

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

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.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L. 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.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean germination and vigor. **Crop Science**, Madison, v.32, p.471-475, 1992.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v.31, p.755-761, 1991.

WELLS, R.; SCHULZE, L.L.; ASHLEY, D.A.; BOERMA, H.R. Cultivars differences in canopy photosynthesis and their relationship to seed yield in soybeans. **Crop Science**, Madison, v.22, p.886-890, 1982.

WILLCOTT, J.; HERBERT, S.J.; ZHI-YI, L. Leaf area display and light interception in short season soybeans. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.9, p.173-182, 1984.

WOODWARD, R.G., Photosynthesis and expansion of leaves of soybean growth in two environments. **Photosynthetica**, Praga, v.10, p.274-279, 1976.

WOODWARD, R.G.; RAWSON, H.M. Photosynthesis and transpiration in dicotyledonous plants. II Expanding and senescing leaves of soybean. **Australian Journal of Plant Physiology**, Ottawa, v.3, p.257-267, 1976.

ZEIHER, C.; EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E.; REICOSKY, D.A. Cultivar differences in nitrogen redistribution in soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.375-379, 1982.