

**MURILO MIGUEL DURLI**

**TOLERÂNCIA À DESFOLHA DA SOJA EM FUNÇÃO DA CULTIVAR, ESTÁDIO  
FENOLÓGICO E DENSIDADE DE PLANTAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Ph.D. Luis Sangoi

**LAGES, SC  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Durli, Murilo Miguel  
Tolerância à desfolha da soja em função da cultivar,  
estádio fenológico e densidade de plantas / Murilo Miguel  
Durli. -- 2019.  
130 p.

Orientador: Luis Sangoi  
Coorientador: Clóvis Arruda de Souza  
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação , Lages, 2019.

1. Glycine max. 2. Área foliar. 3. Manejo de pragas. 4.  
Produção. 5. População de plantas . I. Sangoi, Luis . II.  
Souza, Clóvis Arruda de. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação . IV. Título.

**MURILO MIGUEL DURLI**

**TOLERÂNCIA À DESFOLHA DA SOJA EM FUNÇÃO DA CULTIVAR, ESTÁDIO  
FENOLÓGICO E DENSIDADE DE PLANTAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

**Banca examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_

Professor Ph.D. Luis Sangoi

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias  
(CAV-UDESC).

Membro: \_\_\_\_\_

Professor Dr. Clóvis Arruda de Souza

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias  
(CAV-UDESC).

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Cláudio Roberto Franco

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias  
(CAV-UDESC).

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dra. Analu Mantovani

Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Márcio Zílio

Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)

**Lages, SC, 12 de abril de 2019**



*Aos meus pais, pelo  
apoio, educação e  
ensinamentos.*

*Ofereço e dedico!*



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre me acompanhar e iluminar meus passos.

A meus pais Carlito e Irene, e minha irmã Mayara, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida.

Ao meu orientador e “pai científico” Prof. Dr. Luis Sangoi pela confiança depositada, por todos os ensinamentos ao longo mestrado e doutorado, e pelo exemplo de profissional a ser seguido.

A todos os professores do quadro docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas. Agradecimento especial aos professores Clóvis Arruda de Souza e Cláudio Roberto Franco, pelas conversas e ensinamentos que tanto contribuíram ao longo desse trabalho.

Aos “irmãos” do grupo *Zea mays* pela convivência, amizade, respeito e auxílio em todas as atividades desenvolvidas a campo e laboratório. Vocês tornaram a caminhada mais significativa e divertida. Essa amizade se eternizou através de grandes momentos que sempre levarei comigo.

Aos amigos do Ap. 301, onde morei durante o doutorado, pela convivência, auxílio e grande amizade em todo esse tempo.

Às pessoas que conheci desde o início até os últimos dias do doutorado que contribuíram de forma especial nessa minha jornada.

À Udesc, pelo ensino público e de qualidade, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À Copercampos pela parceria na condução do experimento de campo e fornecimento de sementes. Resultados relevantes somente são obtidos com grandes parcerias.

Enfim, agradeço a todos que fizeram parte dessa jornada e contribuíram de alguma forma.





*“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica a nossa ignorância*

*John F. Kennedy*



## RESUMO

DURLI, Murilo Miguel. **Tolerância à desfolha da soja em função da cultivar, estágio fenológico e densidade de plantas**. 2019. 130p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Área: Ciências Agrárias e Fitotecnia, Agronomia) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

Os níveis de dano econômico atualmente vigentes para as pragas desfolhadoras da soja são de 30% na fase vegetativa e 15% na fase reprodutiva. Estes valores foram propostos com base em trabalhos de pesquisa conduzidos no século passado. No entanto, houve grandes mudanças no potencial produtivo e nas características morfo-fisiológicas das cultivares utilizadas atualmente. Estas alterações podem afetar a tolerância da cultura à redução da área foliar. Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de cultivar, do estágio fenológico e da densidade populacional na tolerância da soja à desfolha. Foram conduzidos quatro experimentos nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. Os experimentos foram implantados nos municípios de Lages (em casa de vegetação) e Campos Novos (a campo). Em todos os ensaios foram avaliados cinco níveis de desfolha: 0, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6%. Os dois primeiros experimentos na casa de vegetação avaliaram três cultivares de soja com diferentes grupos de maturação: Veloz RR (GM 5.0), NA 5909 RG (GM 5.9) e TMG 7262 (GM 6.2). No primeiro ensaio a desfolha foi imposta em V6 e no segundo ela foi imposta em R3. O experimento de campo foi conduzido testando três densidades de plantas da cultivar NA 5909 RG, equivalentes a 100.000, 300.000 e 500.000 pl ha<sup>-1</sup>, sob os diferentes níveis de desfolha, impostos no estágio R3. O terceiro experimento na casa de vegetação avaliou seis cultivares de soja: Davis, Paraná, BR-16, FT Abyara, BRS 232 e NS 6535 Ipro, liberadas comercialmente para cultivo em 1968, 1974, 1985, 1991, 2003 e 2015, respectivamente. A desfolha nesse experimento foi imposta no estágio V6. Os dados foram avaliados estatisticamente através da análise de variância pelo teste F. Quando os valores de F foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste t e análise de regressão polinomial. Todas as análises foram feitas ao nível de significância de 5%. Nos dois primeiros experimentos conduzidos na casa de vegetação, observou-se que o rendimento de grãos da cultivar Veloz sofreu maior decréscimo com o incremento na percentagem de desfolha do que



a produtividade das cultivares com grupo de maturação mais tardio NA 5909 RG e TMG 7262, quando a desfolha foi imposta em V6. Já quando a redução de área foliar foi efetuada em R3, ela somente impactou negativamente a produtividade com desfolhas superiores a 16,6%, independentemente do ciclo da cultivar. No experimento de campo, o rendimento de grãos variou de 3.732 a 5.186 kg ha<sup>-1</sup> e a densidade populacional não interferiu na sua resposta à desfolha. Desfolhas de 16,6% incrementaram o rendimento de grãos da cultivar NA 5909 RG, em relação à testemunha. Esta cultivar tolerou desfolhas de até 33,3% sem decrescer significativamente o rendimento de grãos, independentemente da densidade populacional. No terceiro experimento de casa de vegetação, observou-se que a cultivar contemporânea NS6535 Ipro apresentou maior decréscimo no rendimento de grãos, rendimento biológico e índice de colheita do que as demais cultivares, com o incremento na percentagem de desfolha. Os dados obtidos no trabalho demonstraram que: o grupo de maturação da cultivar interfere na tolerância da soja à desfolha quando ela é realizada na fase vegetativa da cultura; a densidade de plantas não interfere na tolerância à desfolha da cultivar NA 5909 RG; a cultivar contemporânea NS6535 Ipro é mais sensível a desfolha em V6 do que as cultivares Paraná, Davis, Br16 FT Abyara e BRS 232.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, área foliar, manejo de pragas, rendimento de grãos.



## SUMMARY

DURLI, Murilo Miguel. **Tolerance to defoliation of soybean as affected by cultivar, phenological stage and plant density.** 2019. 130p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Área: Ciências Agrárias e Fitotecnia, Agronomia) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

The economic damage levels currently used for soybean defoliation pests for are 30% during the vegetative phase and 15% in the reproductive phase. These values were proposed based on research work conducted in the last century. However, there were great changes in the productive potential and the morpho-physiological characteristics of the cultivars used nowadays. These changes may affect the crop tolerance to leaf area reduction. This work was carried out aiming to evaluate the effects of cultivar, phenological stage and population density on the soybean tolerance to defoliation. Four experiments were set during the growing seasons of 2016/2017 and 2017/2018. The trials were conducted in Lages (under greenhouse conditions) and Campos Novos (under field conditions): Five defoliation levels were imposed on each experiment: 0, 16.6%, 33.3%, 50% and 66.6%. The first two greenhouse experiments evaluated three soybean cultivars with different maturity groups: Veloz RR (MG 5.0), NA 5909 RG (MG 5.9) and TMG 7262 (MG 6.2). In the first experiment the defoliation was imposed at V6, while in the second it was imposed at R3. The field experiment tested three plant densities of cultivar NA 5909 RG, equivalent to 100,000, 300,000 and 500,000 pl ha<sup>-1</sup>, under the different levels of defoliation, imposed at the R3 stage. The third greenhouse experiment evaluated six soybean cultivars: Davis, Paraná, BR-16, FT Abyara, BRS 232 and NS 6535 Ipro, commercially released for growers in 1968, 1974, 1985, 1991, 2003 and 2015, respectively. Defoliation in this experiment was performed at V6. Data were statistically evaluated by the Variance Analysis, using the F test. When F values were significant, the means were compared by the t-test and polynomial regression analysis. All comparisons were performed at a significance level of 5%. In the first two greenhouse experiments, grain yield of the earlier cultivar Veloz presented higher decrease with the increment of defoliation than the productivity of cultivars NA 5909 RG and TMG 7262 with greater maturity groups, when defoliation was imposed at V6. On the other hand, when leaf area reduction was performed at R3, it only affected negatively soybean grain yield with defoliations higher than 16.6%, regardless of cultivar maturity group. In the field experiment, grain yield ranged from 3,732 to 5,186





kg ha<sup>-1</sup>. Plant population did not interfere with the grain yield response to leaf area reduction. Defoliations of 16.6% increased grain yield of cultivar NA 5909, in comparison to the control. This cultivar tolerated defoliation of up to 33.3% without decreasing grain yield, regardless of population density. In the third greenhouse experiment, the modern cultivar NS6535 Ipro presented higher decrease in grain yield, biological yield and harvest index than the other cultivars with the increment of defoliation level. The main conclusions depicted from this work were: the cultivar maturation group interferes with soybean tolerance to defoliations performed during the crop vegetative stage; plant population does not affect the tolerance to defoliation at R3 of cultivar NA 5909; the modern cultivar NS 6535 Ipro is more sensible to defoliation at V6 than the old cultivars Paraná, Davis, Br 16, FT Abyara and BRS 232.

**Key words:** *Glycine max*, leaf area, pest management, grain yield.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática dos níveis de desfolha impostos às cultivares desoja.....	39
Figura 2 - Área foliar média de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha no estágio R2 quando submetida a desfolha em V6 (A) e no estágio R5 quando submetida a desfolha no estágio R3 (B). Lages, SC, 2016/2017...43	43
Figura 3 - Rendimento de grãos por planta em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017.....46	46
Figura 4 - Massa de 1.000 grãos em três cultivares de soja soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017.....49	49
Figura 5 - Número de vagens por planta em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017.....51	51
Figura 6 - Diâmetro da haste principal em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (b). Lages, SC, 2016/2017.....56	56
Figura 7 - Rendimento biológico em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017.....58	58
Figura 8 - Índice de colheita em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017.....60	60
Figura 9. Dados meteorológicos de precipitação e temperatura durante o ciclo de desenvolvimento da soja. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....68	68
Figura 10 - Índice de área foliar em R5 da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017(A) e 2017/2018 (B).....71	71
Figura 11. Expansão do IAF da soja entre R3 e R5 sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....72	72
Figura 12 - Rendimento de grãos da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....75	75
Figura 13 - Massa de 1.000 grãos da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....79	79



Figura 14 - Número de vagens por planta da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....	81
Figura 15 - Comprimento da haste principal da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....	84
Figura 16 - Rendimento biológico da soja em três densidades sob diferentes níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). .....	87
Figura 17 - Índice de colheita de soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).....	89
Figura 18 - Área foliar em R2 (A) e expansão foliar entre V6 e R2 (B) de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	96
Figura 19 – Rendimento de grãos por planta de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	99
Figura 20 - Número de vages por planta de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	101
Figura 21 – Massa de 1.000 grãos (A) e número de grãos por vagem (B) de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	103
Figura 22 - Rendimento biológico de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	106
Figura 23 - Índice de colheita de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	108



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área foliar de três cultivares de soja no momento anterior à desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.....	41
Tabela 2 - Expansão foliar de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.....	44
Tabela 3. Rendimento de grãos por planta em três cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2016/2017.....	48
Tabela 4 - Número de grãos por vagem de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.....	52
Tabela 5 - Comprimento da haste principal de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.....	53
Tabela 6 - Número de nós da haste principal de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.....	54
Tabela 7 - Número de ramos produtivos de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.....	55
Tabela 8 - Índice de área foliar da soja em três densidades antes da imposição de desfolha em R3 Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	69
Tabela 9 - Índice de área foliar em R5 da soja em três densidades, na média de cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	70
Tabela 10 - Rendimento de grãos da soja em três densidades, na média de cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	74
Tabela 11 - Massa de 1.000 grãos de grãos da soja em três densidades, na média de cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	77
Tabela 12 - Número de vagens por planta da soja em três densidades e cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	80
Tabela 13 - Número de grãos por vagem da soja em três densidades, na média cinco níveis de desfolha em R3, Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	82
Tabela 14 - Comprimento da haste principal da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.....	83
Tabela 15 - Número de nós da haste principal da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.....	85
Tabela 16 - Número de ramos produtivos da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.....	86





Tabela 17 - Diâmetro da haste principal da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.....	86
Tabela 18 - Informações das cultivares usadas no experimento. Lages, SC, 2017/2018.....	93
Tabela 19 - Área foliar de cultivares de soja em V6 antes da desfolha e em R2, na média de cinco níveis de defolha. Lages, SC, 2017/2018.....	95
Tabela 20 - Massa de 1.000 grãos e número de grãos por vagem de diferentes cultivares de soja na média de cinco níveis de defolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	102
Tabela 21. Comprimento e número de nós da haste principal de cultivares de soja, na média de cinco níveis desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	104
Tabela 22 - Diâmetro da haste principal e número de ramos produtivos por planta de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.....	105



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>31</b>
<b>2 DESFOLHA NAS FASES VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE CULTIVARES DE SOJA COM DIFERENTES GRUPOS DE MATURAÇÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>36</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
<b>2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
2.3.1 Área foliar e expansão foliar .....	41
2.3.2 Rendimento de grãos e componentes .....	45
2.3.3 Características morfológicas.....	52
<b>2.4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>60</b>
<b>3 TOLERÂNCIA DA SOJA À DESFOLHA NA FASE REPRODUTIVA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>62</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>62</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>65</b>
<b>3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>
3.3.1 Dados meteorológicos .....	67
3.3.2 Índice de área foliar e expansão do IAF .....	69
3.3.3 Rendimento de grãos e componentes .....	73
3.3.4 Características morfológicas.....	82



<b>3.4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>89</b>
<b>4 TOLERÂNCIA À DESFOLHA NA FASE VEGETATIVA EM CULTIVARES DE SOJA UTILIZADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS NO BRASIL.....</b>	<b>91</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>91</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>91</b>
<b>4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>93</b>
<b>4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>95</b>
4.3.1 Área foliar e expansão foliar .....	95
4.3.2 Rendimento de grãos e componentes .....	97
4.3.3 Características morfológicas.....	104
<b>4.4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>110</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>96</b>
<b>7. APÊNDICES .....</b>	<b>119</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max*) foi introduzida no Brasil no final do século XIX. Contudo, ela foi durante décadas uma cultura marginal, sendo explorada para fornecer alimentos a animais em pequenas propriedades rurais do Rio Grande do Sul, na forma de forragem para bovinos ou grãos para engorda de suínos (LAZZAROTTO & HIRAKURI, 2010).

A soja é a quarta cultura de grãos mais produzida e consumida mundialmente, atrás do milho, trigo e arroz. Seu cultivo está concentrado em três países: Estados Unidos, Brasil e Argentina, que respondem por 71,2% da área e 81,3% da produção (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014).

A soja é a cultura mais cultivada no Brasil e também a que possui maior importância no agronegócio nacional. É a planta de lavoura que mais cresceu nas últimas três décadas, correspondendo a 49% da área cultivada com grãos no país (MAPA, 2018).

O potencial produtivo da soja é alto, pois ela pode produzir flores para garantir rendimentos teóricos de até 20.000 kg ha<sup>-1</sup> se todas as flores fossem mantidas e chegassem à maturação produzindo grãos (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005). Entretanto, diversos tipos de estresses bióticos e abióticos reduzem o potencial produtivo da cultura, sendo responsáveis pela estagnação da produtividade média de soja, que tem oscilado entre 2.800 e 3.300 kg ha<sup>-1</sup> nos últimos anos no Brasil.

A deficiência hídrica destaca-se entre os fatores abióticos que limitam o desempenho agrônomo da cultura, afetando a produtividade nos seus diferentes estádios. As pragas desfolhadoras destacam-se como fatores bióticos que podem causar danos significativos se não forem manejadas eficientemente (RIFFEL et al. 2012).

As pragas desfolhadoras que mais afetam a produtividade da soja no Brasil são a lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e a falsa medideira (*Crysoideixes includens*). Os níveis de dano econômico (NDE) foram definidos para determinar os períodos críticos do ataque desses insetos e estabelecer critérios para uso de inseticidas. Os NDE foram propostos nas décadas de 1970 e 1980, com base em genótipos cultivados naquele período. As cultivares do século passado eram predominantemente de ciclo tardio e hábito de crescimento determinado. Elas se recuperavam bem de desfolhamentos severos antes da floração. Após a floração, essa tolerância era um

pouco menor. Com base nos trabalhos conduzidos por Panizzi (1977) e outros, estabeleceram-se como níveis de dano econômico 30% de desfolha nos estádios vegetativos e 15% de desfolha nos estádios reprodutivos.

O controle de insetos-praga é realizado prioritariamente através de produtos químicos. Entretanto, o uso indiscriminado de inseticidas pode causar problemas ecológicos e econômicos (RIBEIRO & COSTA, 2000). Atualmente, os inseticidas não têm sido aplicados na cultura da soja com base nos níveis de desfolha e nas infestações das populações de pragas propostas pelo NDE. Muitos produtores fazem a aplicação de produtos químicos com base em critérios subjetivos, pelo fato de não acreditarem que os níveis de dano econômico propostos nas décadas de 1970 e 1980 são adequados para cultivares usadas nos dias atuais (BUENO et al., 2010). Isso leva a aplicações de inseticidas muitas vezes sem necessidade, em estádios de desenvolvimento da cultura onde não há perda econômica na produtividade.

A cultura da soja sofreu grande evolução ao longo dos anos. Os programas de melhoramento buscam genótipos mais eficientes no aproveitamento de recursos e mais produtivos. Consequentemente, as características morfológicas da planta também sofreram alterações. Uma das características modificadas ao longo dos anos foi a área foliar (AF), que diminuiu de acordo com a evolução promovida pelo melhoramento genético da cultura. Jian et al. (2010), estudando cultivares lançadas entre 1950 e 2006 no nordeste da China, observaram a diminuição da AF das cultivares lançadas ao longo do período e maior eficiência fotossintética das novas cultivares.

Nas décadas de 1980 e 1990, a combinação entre cultivares de ciclo tardio e maiores densidades populacionais ( $400.000 \text{ pl ha}^{-1}$ ) fazia com que as lavouras frequentemente alcançassem valores de índice de área foliar (IAF) próximos a 8 (GAUDÊNCIO et al., 1990). Portanto, naquela época o dossel apresentava em torno de  $8 \text{ m}^2$  de folhas por  $\text{m}^2$  de solo. Os rendimentos de grãos neste período de cultivo raramente excediam  $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esta combinação entre área foliar exuberante e baixos potenciais produtivos conferia à cultura maior tolerância a estresses que ocasionam desfolha, tais como perda de estande inicial por ataque de insetos, fitotoxicidade de herbicidas e ataques de altas populações de lagartas desfolhadoras. Por outro lado, atualmente os sojicultores utilizam menor densidade de plantas ( $250.000$  a  $300.000 \text{ pl ha}^{-1}$ ), cultivares mais precoces e atingem maiores rendimentos.



Os valores de IAF foram reduzidos à metade, passando de 8 para 4. Os potenciais produtivos praticamente dobraram, não sendo raro encontrar lavouras com rendimentos de 85 a 90 sacos ha<sup>-1</sup>. Mesmo que as plantas possuam alta eficiência fotossintética, em baixas densidades e com cultivares precoces a sensibilidade à desfolha é maior. Desta forma, perdas de área foliar podem acarretar em significativos decréscimos de produtividade (TISOT & ZOTTIS, 2015).

Os grupos de maturação (GM) na cultura da soja variam de acordo com a latitude e são classificados por um número de 0 (mais próximo dos pólos) a 10 (mais próximos do Equador). Eles separam as cultivares de acordo com sua região de melhor adaptação, que está relacionada com a resposta de cada genótipo ao fotoperíodo (DECICINO, 2016). Quanto menor o grupo de maturação da cultivar de soja, mais rapidamente ela é induzida a florescer e menor é a duração da fase reprodutiva (R1 a R8). Estas duas características reduzem o ciclo da cultivar, tornando-a mais sensível a estresses (ZANON et al., 2015a).

Os estudos que determinaram os níveis de dano econômico para o controle das principais pragas desfolhadoras em soja foram realizados principalmente no século passado, nas décadas de 1970 e 1980. Grande parte deles foi conduzido no sistema de cultivo convencional, com cultivares que atualmente não mais utilizadas (COSTA et al., 2003). O cultivo de soja mudou bastante desde então. As cultivares atuais são mais produtivas, mais precoces e possuem principalmente hábito de crescimento indeterminado. Isto contrasta com as cultivares antigas, que eram mais tardias e de hábito de crescimento determinado. Estas alterações no ideotipo de planta trouxeram questionamentos sobre a adequação dos níveis de dano econômico propostos para a sojicultura moderna, bem como dúvidas sobre se este descompasso pode estar contribuindo para que o manejo integrado de pragas na cultura não seja adotado (BUENO et al., 2010).

As estratégias de controle de pragas embasadas prioritariamente no controle químico e a não adoção das estratégias propostas pelo manejo integrado de pragas (MIP) têm proporcionado aumento da resistência aos inseticidas. Conseqüentemente, houve elevação na frequência de uso de inseticidas e aumento do custo do manejo fitossanitário na cultura (CONTE et al., 2015).

Desde 2008, o Brasil é o país que consome mais agrotóxicos no mundo (PAVAN, 2014). Parte significativa desses agrotóxicos é usada no controle de pragas na cultura da soja, muitas vezes de forma abusiva e errônea.

Em função disso, é fundamental o conhecimento dos níveis de dano causados pelos insetos. Esta informação deve ser utilizada como critério para racionalizar o uso de inseticidas químicos (RIBEIRO & COSTA, 2000) e permitir um manejo integrado de pragas eficaz.

A identificação de valores de NDE que sejam adequados aos genótipos de soja cultivados atualmente pode levar o sojicultor a utilizar novamente o MIP com sucesso, respeitando o NDE para realizar a aplicação de inseticidas. Isto pode contribuir para reduzir o número de aplicações durante o cultivo da cultura, efetuando-as apenas no momento adequado e de real necessidade. Assim, a atualização dos níveis de dano econômico para pragas desfolhadoras poderá contribuir para diminuir o custo de produção e evitar problemas ambientais com menor uso de agrotóxicos.

Este trabalho foi conduzido com base nas seguintes hipóteses: a tolerância à desfolha da soja depende do grupo de maturação da cultivar; as cultivares mais precoces (com menor grupo de maturação) são mais sensíveis à desfolha, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva; a densidade de plantas e o índice de área foliar interferem na tolerância da soja à desfolha, que é menor sob baixas populações de plantas; as cultivares mais antigas são mais tolerantes à desfolha que as cultivares atuais; os níveis de dano econômico propostos pela pesquisa para tolerância à desfolha estão super-estimados, devido a maior precocidade e ao maior potencial produtivo das cultivares utilizadas atualmente.

Com base nestas hipóteses, foram conduzidos quatro experimentos, tendo como o objetivo geral avaliar a tolerância da soja à desfolha efetuada nas fases vegetativa e reprodutiva da cultura, em função de práticas culturais e das características genéticas da planta. Os quatro ensaios tiveram os seguintes objetivos específicos: quantificar os efeitos da desfolha realizada nas fases vegetativa e reprodutiva sobre o desempenho agrônômico de cultivares de soja com diferentes grupos de maturação; determinar os efeitos da densidade de plantas sobre a tolerância à desfolha da soja na fase reprodutiva; comparar a tolerância de cultivares de soja liberadas comercialmente para cultivo em diferentes época à desfolha na fase vegetativa; e averiguar a adequação dos NDE preconizados pela pesquisa (30% na fase vegetativa e 15% na fase reprodutiva) para as cultivares de soja cultivadas atualmente.

A tese foi dividida em três capítulos que serão apresentados e discutidos de forma independente. O primeiro analisa os efeitos da desfolha nas fases vegetativa e

reprodutiva sobre o desempenho de cultivares contemporâneas com grupos de maturação contrastantes. O segundo avalia os efeitos da densidade de plantas sobre a tolerância da soja à desfolha na fase reprodutiva. O terceiro descreve a tolerância a desfolha na fase vegetativa de cultivares de soja liberadas comercialmente para cultivo em diferentes épocas.

## 2 DESFOLHA NAS FASES VEGETATIVA E REPRODUTIVA DA SOJA COM DIFERENTES GRUPOS DE MATURAÇÃO

### RESUMO

A tolerância da soja à desfolha pode ser afetada pelo ciclo da cultivar. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos da desfolha nas fases vegetativa e reprodutiva sobre o desempenho agrônômico de cultivares de soja com diferentes grupos de maturação. Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, no município de Lages, SC, durante o ano agrícola de 2016/2017. No primeiro a desfolha foi realizada em V6 e no segundo em R3. Avaliaram-se três cultivares com grupos de maturação (GM) contrastantes: Veloz (GM 5.0), NA 5909 (GM 5.9) e TMG 7262 (GM 6.2). Cada cultivar foi submetida a cinco níveis de desfolha: 0%, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6%. Avaliou-se a área foliar e expansão foliar após a desfolha, o rendimento de grãos e seus componentes. A cultivar Veloz apresentou menor capacidade de expansão foliar e maior decréscimo no rendimento de grãos do que as cultivares NA 5909 e TMG 7262 quando desfolhada em V6. O rendimento de grãos das três cultivares somente sofreu decréscimos significativos com desfolhas superiores a 16,6% em R3. A cultivar Veloz é menos tolerante à desfolha na fase vegetativa do que as cultivares NA 5909 e TMG 7262. O grupo de maturação da cultivar não interfere na tolerância da soja à desfolha na fase reprodutiva.

Palavras-chave: *Glycine max*, Área Foliar, Manejo de Pragas, Produtividade.

### ABSTRACT

The tolerance of soybean to defoliation can be affected by the cultivar cycle. This work was carried out aiming to evaluate the effects of defoliation in the vegetative and reproductive phases on the agronomic performance of soybean cultivars with different maturity groups. Two experiments were set under greenhouse conditions in Lages, SC, during the growing season of 2016/2017. The defoliations were imposed at V6 and R3, in the first and second experiments, respectively. Three cultivars with contrasting maturity groups (MG) were evaluated: Veloz (MG 5.0), NA 5909 (MG 5.9) and TMG 7262 (MG 6.2). Each cultivar was submitted to five defoliation levels: 0%, 16.6%, 33.3%, 50% and 66.6%. Leaf area and leaf expansion after defoliation, grain yield and

its components were determined. The cultivar Veloz showed lower leaf expansion capacity and higher decrease in grain yield than cultivars NA 5909 and TMG 7262 when defoliated in V6. Grain yield of the three cultivars only had significant decreases with defoliations higher than 16.6% in R3. The cultivar Veloz is less tolerant to defoliation in the vegetative phase than the cultivars NA 5909 and TMG 7262. The cultivar maturity group does not interfere in the soybean tolerance to defoliation during the reproductive stage.

Key words: *Glycine max*, Leaf Area, Pest management, Productivity.

## 2.1 INTRODUÇÃO

As lagartas desfolhadoras *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens* são agentes bióticos que reduzem a produtividade da soja (*Glycine max*) no Brasil, causando danos de grande importância econômica para a cultura desde a emergência das plantas até o seu enchimento de grãos (GRIGOLLI, 2015).

A desfolha pode ter diferentes impactos sobre o rendimento de grãos, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta em que ela ocorre com maior intensidade (OWEN et al., 2013). A soja possui grande capacidade de se recuperar de níveis significativos de desfolha, sem redução no rendimento, quando esta ocorre nos estádios vegetativos da cultura, ou em safras com boa distribuição pluviométrica (MOSCARDI et al., 2012).

Os níveis de dano econômico foram propostos para determinar os períodos críticos de ataque dos insetos desfolhadores e estabelecer critérios para o uso de inseticidas. No Brasil, os níveis de tolerância à desfolha foram definidos nas décadas de 1970, 1980 e 1990, tendo como base os genótipos cultivados naquele período. As cultivares de soja utilizadas nos últimos 30 anos do século passado eram predominantemente de ciclo tardio e hábito de crescimento determinado (BUENO et al., 2010). Elas recuperavam-se bem de desfolhas severas antes do florescimento. Após a floração, a tolerância à redução de área foliar é menor. Com base em trabalhos conduzidos por Panizzi (1977) e Gazzoni & Moscardi (1998), usando cultivares antigas, estabeleceram-se como níveis de dano econômico 30% de desfolha nos estádios vegetativos e 15% de desfolha nos estádios reprodutivos.

As cultivares de soja utilizadas atualmente são diferentes das cultivadas nos últimos 30 anos do século passado, período em que foram determinados os NDE. Elas

são mais precoces, possuem menor estatura, menor área foliar e maior potencial produtivo (PROCÓPIO et al., 2013). Estas alterações morfológicas e fisiológicas na planta trouxeram questionamentos sobre a adequação dos NDE propostos para a sojicultura moderna, bem como dúvidas sobre se este descompasso pode estar contribuindo para que o manejo integrado de pragas não seja adotado a campo (BUENO et al., 2010).

Além disto, cultivares com diferentes grupos de maturação diferem nas suas características agronômicas, o que pode afetar a resposta da planta aos níveis de desfolha e período em que elas ocorrem (GLIER et al., 2015). Quanto menor o grupo de maturação da cultivar de soja na sua região de adaptação, mais curto é seu ciclo, tornando-a mais sensível a estresses (ZANON et al., 2015a).

Assim, é importante a avaliação da tolerância à desfolha de cultivares contemporâneas de soja com ciclos contrastantes, uma vez que diversos genótipos são cultivados atualmente nas regiões produtoras do país. Este trabalho foi conduzido com base na hipótese de que o ciclo da cultivar interfere na sua tolerância à desfolha. Ele teve como objetivo avaliar os efeitos da desfolha imposta nas fases vegetativa e reprodutiva da cultura sobre o desempenho agrônômico de cultivares de soja com diferentes grupos de maturação.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos durante a safra 2016/2017, no município de Lages, SC, cujas coordenadas geográficas são 27° 52' de latitude sul e 50° 18' de longitude oeste. Os ensaios foram implantados em casa de vegetação. A casa de vegetação foi mantida durante o período experimental na temperatura de 25°C, com uma umidade relativa do ar de aproximadamente 70%.

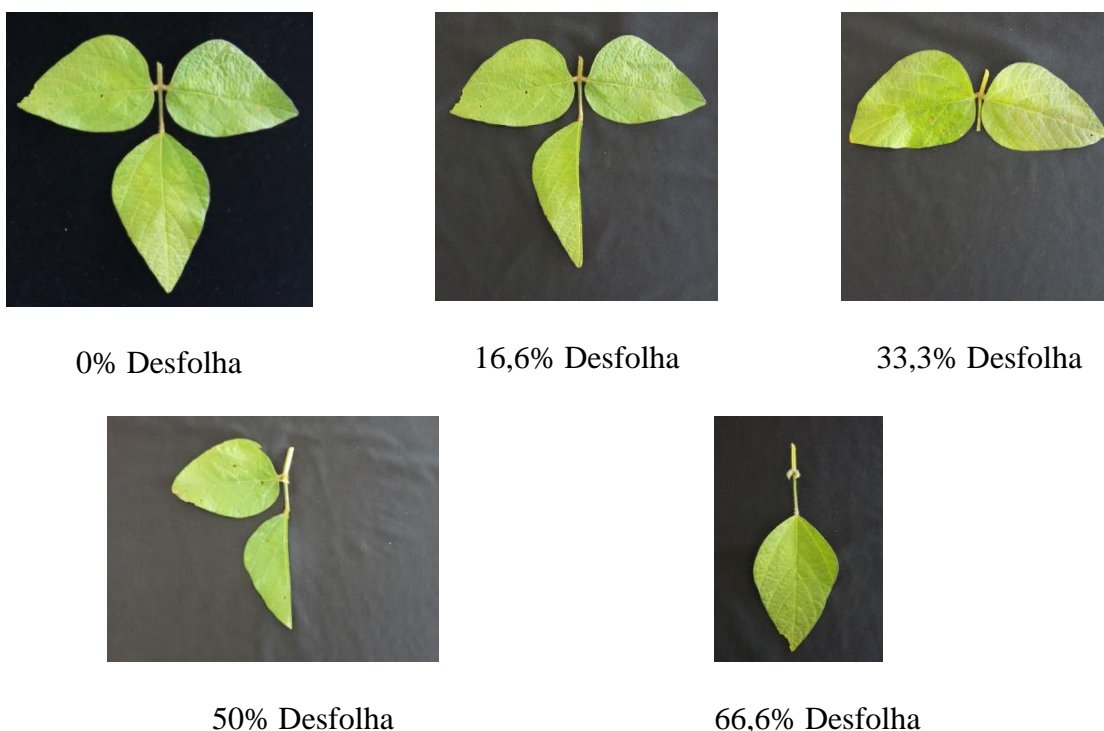
Em cada experimento foram avaliadas três cultivares com grupos de maturação (GM) distintos: Veloz RR com GM 5.0, porte médio, alta exigência em fertilidade; NA 5909 RG com GM 5.9, porte médio, média exigência em fertilidade; e TMG 7262 RR com GM 6.2, porte médio, média/alta exigência em fertilidade. As três cultivares possuem expressividade de cultivo no sul do Brasil. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições por tratamento.

Os tratamentos foram distribuídos num delineamento fatorial (3x5), onde cada cultivar foi submetida a cinco níveis de desfolha, equivalentes a 0%, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6% da área foliar apresentada pela cultura no momento da remoção das

folhas. O nível 0% equivaleu a testemunha, 16,6% próximo do nível de dano econômico (NDE) proposto atualmente para o estágio reprodutivo, 33,3%, próximo do NDE proposto para o estágio vegetativo, 50% e 66,6% a valores acima do NDE em qualquer período de desenvolvimento da cultura.

Cada experimento totalizou 45 unidades experimentais, representadas por vasos de PVC com 5 litros de capacidade. No primeiro ensaio, as desfolhas foram impostas no estágio V6 (seis nós do caule principal com folha desenvolvida). No segundo experimento efetuou-se a desfolha no estágio R3 (início da formação das vagens), de acordo com a escala fenológica proposta por Ritchie et al. (1982). A desfolha foi realizada com auxílio de uma tesoura, cortando as folhas longitudinalmente. A Figura 1 apresenta uma representação esquemática dos níveis de desfolha testados no trabalho.

Figura 1 - Representação esquemática dos níveis de desfolha impostos às cultivares de soja.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A semeadura foi realizada no dia 01/11/2016, com cinco sementes por vaso. Cada vaso foi preenchido com um Nitossolo Vermelho distrófico previamente peneirado. As sementes foram tratadas com Ciantranilprole + Tiametoxam (Fortenza

Duo®) na dose de 5 ml kg<sup>-1</sup> de semente. No dia da semeadura elas foram inoculadas com o inoculante Masterfix Soja® na dose de 3 ml kg<sup>-1</sup> de semente. Após a emergência foi realizado o desbaste, mantendo uma planta por vaso. A adubação usada foi de 2 g de superfosfato triplo e 2 g de cloreto de potássio por vaso, de acordo com o recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) para uma produtividade de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>. O controle de pragas foi realizado com 0,5 ml L<sup>-1</sup> de lambda-cialotrina + clorantraniliprole (Ampligo®), 1,2 ml L<sup>-1</sup> de profenós + lufenuron (Curyom®) e 1 ml L<sup>-1</sup> de tiametoxam + lambdala-cialotrina (Engeo Pleno®). O controle de doenças foi feito com 1 g L<sup>-1</sup> de azoxistrobina + benzovindiflupir (Elatus®) e 2,6 ml L<sup>-1</sup> de trifloxistrobina + proclonazol (Fox®). Efetuou-se a aplicação dos inseticidas e dos fungicidas a partir do estágio V5, com aplicações sequenciais preventivas a cada 14 dias, intercalando os produtos para impedir que pragas e doenças afetassem a área foliar da cultura. O controle de umidade nos vasos foi realizado efetuando irrigação diariamente, adicionando água até atingir a capacidade de campo do solo no vaso.

A área foliar foi determinada medindo o comprimento e a maior largura do folíolo central de cada trifólio da planta e aplicando a equação de Richter et al. (2014):  $AF = a \cdot (C \cdot L)$ , onde: AF é a área da folha (m<sup>2</sup>), C é o comprimento da folha (m), L é a maior largura da folha (m), a é o coeficiente angular de 2,0185. A primeira avaliação de área foliar foi realizada no dia da imposição das desfolhas, tanto no experimento em que ela foi realizada em V6 quanto no experimento em que foi imposta em R3. A segunda avaliação de área foliar foi efetuada nos estádios R2 (florescimento pleno) e R5 (início do enchimento de grãos), para os experimentos com desfolha em V6 e R3, respectivamente. A expansão foliar foi determinada pela diferença da área foliar entre os estádios V6 e R2 (no experimento em que a desfolha foi imposta em V6) e pela diferença da área foliar entre os estádios R3 e R5 (no experimento em que a desfolha foi imposta em R3).

A colheita foi realizada dia 04/04/2017. Após a colheita foram feitas as seguintes avaliações: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de 1.000 grãos, rendimento de grãos por planta, comprimento da haste principal, número de nós da haste principal, número de ramos produtivos, diâmetro da haste principal, rendimento biológico e índice de colheita.



O rendimento biológico foi obtido somando a massa seca das hastes, das vagens e dos grãos de cada planta. O índice de colheita foi obtido dividindo o rendimento biológico pela massa de grãos de cada planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F. Os valores de F para os efeitos principais e as interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ). Quando alcançada a significância estatística no teste F, as médias do fator qualitativo (cultivar) foram comparadas pelo teste t e do fator quantitativo (níveis de desfolha) por regressão polinomial. Ambas as comparações foram feitas ao nível de significância de 5% ( $P > 0,05$ ).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Área foliar e expansão foliar

A área foliar medida no momento anterior à desfolha do experimento em que a injúria foi imposta em V6 diferiu entre as cultivares (Apêndice 1). A cultivar Veloz apresentou área foliar 18% menor que as demais cultivares neste estágio fenológico (Tabela 1).

Para o experimento onde a desfolha foi realizada em R3 (Tabela 1), a área foliar no momento anterior à imposição da injúria apresentou diferenças entre todas as cultivares. A cultivar TMG 7262 apresentou maior área foliar, seguida pelas cultivares NA 5909 e Veloz.

Tabela 1 - Área foliar de três cultivares de soja no momento anterior à desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Veloz	Cultivar		CV %
	NA 5909	TMG 7262	
	<u>Área foliar em V6 (m<sup>2</sup>)</u>		
0,059 b	0,072 a	0,072 a	15,99
	<u>Área foliar em R3 (m<sup>2</sup>)</u>		
0,159 c	0,378 b	0,431 a	8,92

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

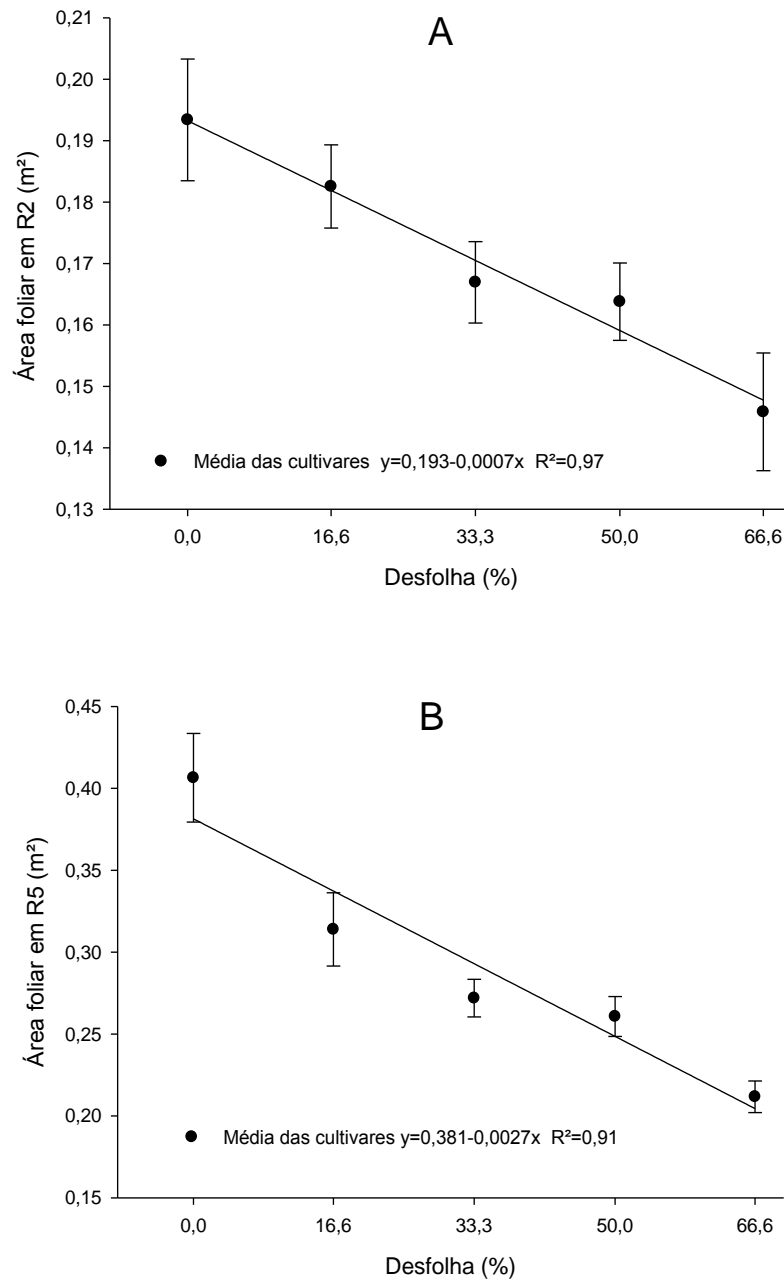
A diferença na área foliar das cultivares antes da imposição dos tratamentos com desfolha se deveu aos diferentes grupos de maturação que possuem. A cultivar Veloz é a mais precoce, enquanto a cultivar NA 5909 apresenta ciclo intermediário e a

cultivar TMG 7262 apresenta maior ciclo entre as três cultivares avaliadas nos experimentos. Resultado semelhante foi encontrado por Zanon et al. (2015a), onde cultivares de maior grupo de maturação (maior ciclo) apresentaram maior área foliar.

A área foliar medida no estágio R2, para o experimento com desfolha em V6, apresentou decréscimo linear em função do aumento da percentagem de desfolha (Figura 2A). Entretanto, ela não foi influenciada pelas diferentes cultivares avaliadas (Apêndice 1). Resultado similar foi observado na área foliar medida no estágio R5 para o experimento com desfolha em R3 (Figura 2B).

Houve uma redução de 70 cm<sup>2</sup> na área foliar média das três cultivares em R2 para cada 10% de área foliar removida em V6. A taxa de decréscimo mensurada em R5 foi de 270 cm<sup>2</sup> para cada 10% de desfolha. Os valores de área foliar mensurados em R5 foram maiores e as taxas de decréscimo nesta variável mais acentuadas, em comparação com R2.

Figura 2 - Área foliar média de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha no estágio R2 quando submetida a desfolha em V6 (A) e no estágio R5 quando submetida a desfolha no estágio R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para o experimento com desfolha em V6, a expansão foliar entre os estádios V6 e R2 não mostrou diferença significativa entre os níveis de desfolha impostos (Tabela 2). Isso evidencia que a intensidade da desfolha no estádio V6 não alterou a capacidade da planta emitir novas folhas para compensar os danos ocasionados pela desfolha. Resultado distinto foi encontrado por Gazzoni & Moscardi (1998), em que plantas da cultivar Paraná tiveram capacidade de emitir maior área foliar, quando submetidas a níveis de desfolha de 33% e 66% nos estádios V3 e V8, em comparação com a testemunha não desfolhada. Nesta fase fenológica, a cultivar TMG 7262 mostrou maior capacidade de expandir novas folhas do que as cultivares Veloz e NA 5909.

Tabela 2 - Expansão foliar de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Desfolha (%)	Cultivar			Média	CV%
	Veloz	NA 5909	TMG 7262		
<u>Expansão foliar de V6 a R2 com desfolha em V6 (m<sup>2</sup>)</u>					
0	0,104	0,110	0,156	0,123 ns	14,55
16,6	0,123	0,112	0,139	0,124	
33,3	0,114	0,110	0,140	0,121	
50	0,126	0,113	0,141	0,127	
66,6	0,102	0,116	0,152	0,123	
Média	0,114 b	0,112 b	0,146 a		
<u>Expansão foliar de R3 a R5 com desfolha em R3 (m<sup>2</sup>)</u>					
0	0,146	0,059	0,050	0,085 b	19,27
16,6	0,116	0,054	0,039	0,069 c	
33,3	0,131	0,064	0,031	0,075 bc	
50	0,135	0,084	0,080	0,099 a	
66,6	0,161	0,057	0,074	0,097 a	
Média	0,138 a	0,063 b	0,055 b		

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou na coluna não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

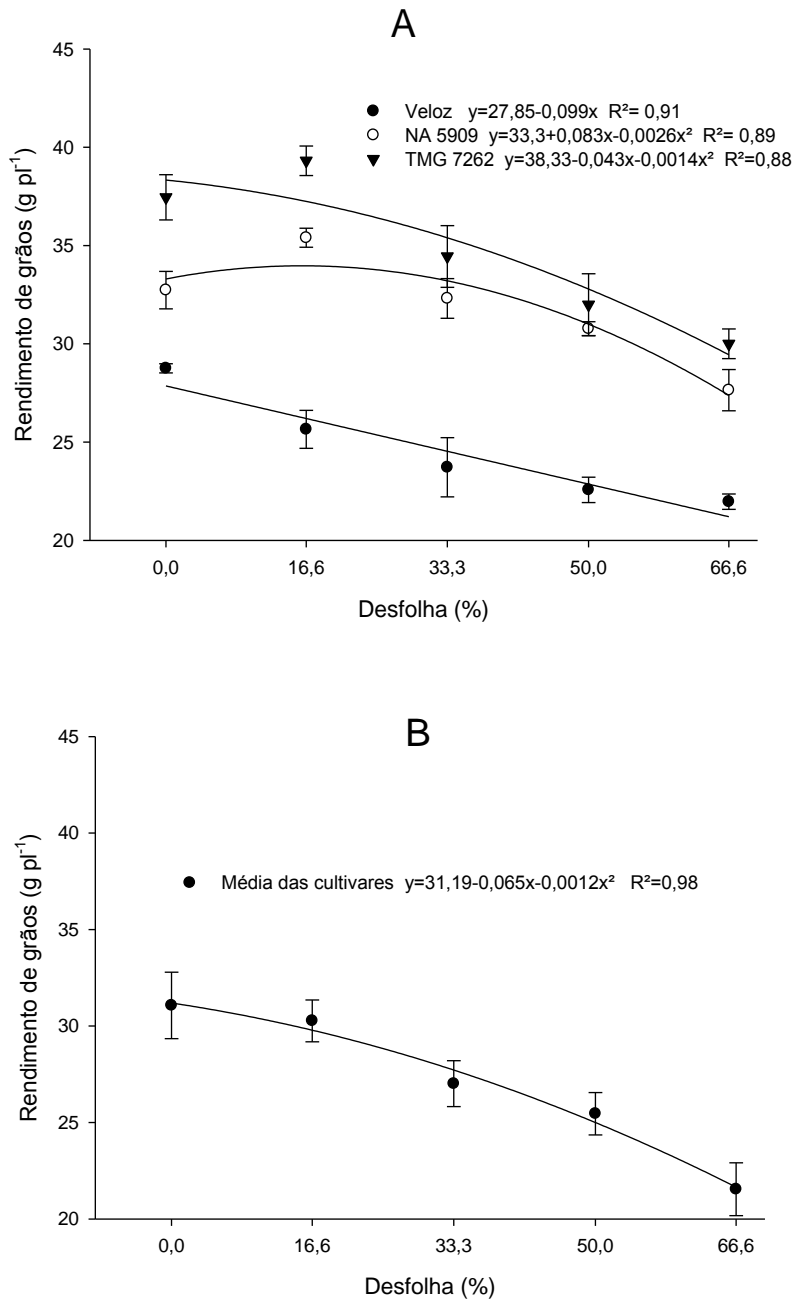
Isto possivelmente se deve ao seu grupo de maturação mais tardio, característica que retarda o início da floração e propicia maior período para emissão de novas folhas (ZANON et al., 2015a). Neste sentido, os números de dias entre a desfolha e o início da floração foram de 5, 13 e 19 para as cultivares Veloz, NA 5909 e TMG 7262, respectivamente.

No experimento em que a desfolha foi imposta no estágio R3, a expansão foliar entre os estádios R3 e R5 variou em função dos diferentes níveis da injúria. Observou-se que os tratamentos com maiores níveis de desfolha (50% e 66%) foram os que apresentaram maior expansão foliar. Os níveis maiores de desfolha estimularam a planta a emitir maior área foliar para compensar essas perdas, levando a planta a alocar fotoassimilados para esta atividade. A sobreposição entre as fases vegetativa e reprodutiva em cultivares de hábito de crescimento indeterminado estimula maior poder de dreno para a expansão foliar dos tratamentos com maiores níveis de desfolha (ZANON et al., 2015a). A cultivar Veloz apresentou maior expansão foliar do que as cultivares NA 5909 e TMG 7262, quando desfolhada em R3.

### **2.3.2 Rendimento de grãos e componentes**

O rendimento de grãos por planta foi afetado pelos efeitos principais das cultivares e níveis de desfolha impostos em ambos experimentos, e pela interação entre os dois fatores no experimento em que a desfolha foi imposta na fase vegetativa (Apêndice 2). No experimento com desfolha em V6, observou-se que a cultivar Veloz diminuiu linearmente o rendimento de grãos conforme aumentou a porcentagem de desfolha (Figura 3A), decrescendo aproximadamente 1,0 g para cada 10% de redução na área foliar em V6. As cultivares NA 5909 e TMG 7262 responderam de forma quadrática ao aumento da porcentagem de desfolha, somente apresentando decréscimos no rendimento de grãos com desfolhas superiores a 16,6%.

Figura 3 - Rendimento de grãos por planta em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Quando a desfolha foi imposta em R3, não houve diferença entre as três cultivares na resposta do rendimento de grãos por planta em função da intensidade de redução da área foliar (Figura 3B). Provavelmente isto ocorreu porque o período entre R3 e a maturação fisiológica foi de 48 dias para os três genótipos. A análise de regressão mostrou que o rendimento médio das três cultivares decresceu de forma

quadrática com a elevação na percentagem de desfolha, sendo os maiores decréscimos registrados a partir de 16,6% na redução da área foliar das plantas. Board et al. (2010) também verificaram resposta similar entre cultivares com diferentes GM quando submetidas à desfolhas na fase reprodutiva. Os decréscimos de produtividade impostos pela desfolha no início da formação das vagens corroboram as atuais informações referentes à tolerância a perda de área foliar da soja fase reprodutiva, evidenciando quedas acentuadas de rendimento de grãos apenas com reduções de área foliar superiores a 15%.

Cultivares com maior grupo de maturação não possuem necessariamente um período reprodutivo mais longo. Sua diferença em relação à cultivares de ciclo curto está concentrada principalmente na duração da fase vegetativa (ZANON et al., 2015a). O período mais longo até a floração das cultivares com maior GM proporciona mais tempo para atingir IAF crítico antes do início do florescimento. Portanto, esta característica pode aumentar sua tolerância a períodos de estresse da fase vegetativa (EGLI, 2011). Isto corrobora os resultados encontrados no trabalho, pois houve diferença na tolerância das cultivares à desfolha quando imposta em V6.

O aumento de drenos nos estádios reprodutivos da soja não estimula a planta a elevar os níveis de fotossíntese das folhas remanescentes do dossel (EGLI, 2011). Consequentemente, a perda de área foliar diminui diretamente a taxa fotossintética da planta. Board & Kahlon (2011) observaram que as folhas restantes após a desfolha não compensaram fotossinteticamente as folhas perdidas. Dessa forma, a perda em área foliar diminui diretamente a taxa fotossintética, podendo limitar o rendimento de grãos.

Existem duas fontes de assimilados para o enchimento de grãos em soja: a fotossíntese da planta e a remobilização de carboidratos armazenados. A contribuição de carboidratos armazenados nas folhas e pecíolos é baixa, não ultrapassando 15% (EGLY, 2011). Assim, a manutenção da área foliar da planta é essencial para manter a taxa fotossintética. A impossibilidade de regeneração da área foliar quando a desfolha é imposta em R3 e a limitação da quantidade de reservas das plantas nestes estádios fenológicos são os principais fatores para que a perda de rendimento aconteça quando se altera a relação fonte/dreno da planta (BRUIN et al., 2010).

Os dados da produção de grãos por planta da Figura 3 evidenciam que a tolerância à desfolha das cultivares usadas no trabalho e que foram lançadas na última década é menor que de cultivares utilizadas há mais tempo no mercado. Na fase

vegetativa, desfolhas de até 100% não afetaram significativamente o rendimento de grãos nas cultivares antigas FT Abyara e Paraná (PARCIANELLO et al., 2004; GAZZONI & MOSCARDI, 1998). No estágio R3, cultivares antigas como BRS Favorita chegaram a suportar de 33% a 66% de desfolha sem perdas significativas no rendimento de grãos (ZUFFO et al., 2015).

Nos dois estádios fenológicos em que a desfolha foi efetuada houve diferenças significativas entre as cultivares no rendimento de grãos por planta (Apêndice 2). A cultivar TMG 7262 foi mais produtiva que a NA 5909 que superou a cultivar Veloz, na média dos níveis de desfolha (Tabela 3). Assim, quanto maior o grupo de maturação da cultivar mais elevado foi o rendimento de grãos por planta.

Tabela 3. Rendimento de grãos por planta em três cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2016/2017.

Veloz	Cultivar		Média	CV%
	NA 5909	TMG 7262		
<u>Rendimento de grãos (g) com desfolha em V6</u>				
24,73 c	31,77 b	34,63 a		5,00
<u>Rendimento de grãos (g) com desfolha em R3</u>				
22,61 c	28,18 b	30,39 a		6,81

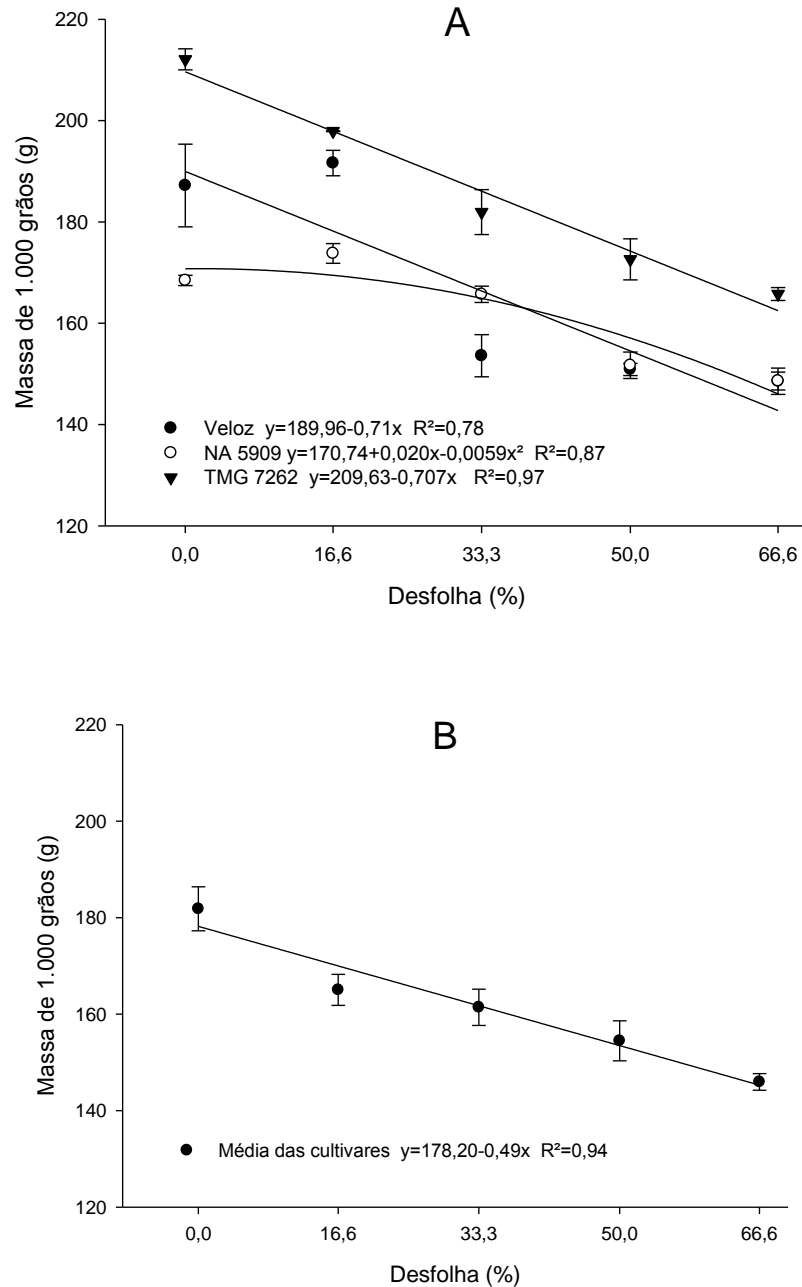
\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou na coluna não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A massa de 1.000 grãos também variou em função dos níveis de desfolha em ambos experimentos e pela interação entre os fatores cultivar e nível de desfolha no experimento com desfolha em V6 (Apêndice 2). No experimento com desfolha na fase vegetativa, as cultivares Veloz e TMG 7262 tiveram redução linear de acordo com o aumento do nível de desfolha, com taxas de decréscimo de 7,1 g para cada 10% no incremento de área foliar removida (Figura 4A). A cultivar NA 5909 teve uma redução quadrática da massa de 1.000 grãos conforme o aumento do nível de desfolha. No experimento com desfolha na fase reprodutiva, a desfolha decresceu linearmente a massa de 1.000 grãos com o aumento da percentagem de desfolha, independentemente da cultivar estudada (Figura 4B). A taxa de decréscimo média foi de 4,9 g para cada 10% de incremento na percentagem de área foliar removida.



Figura 4 - Massa de 1.000 grãos em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

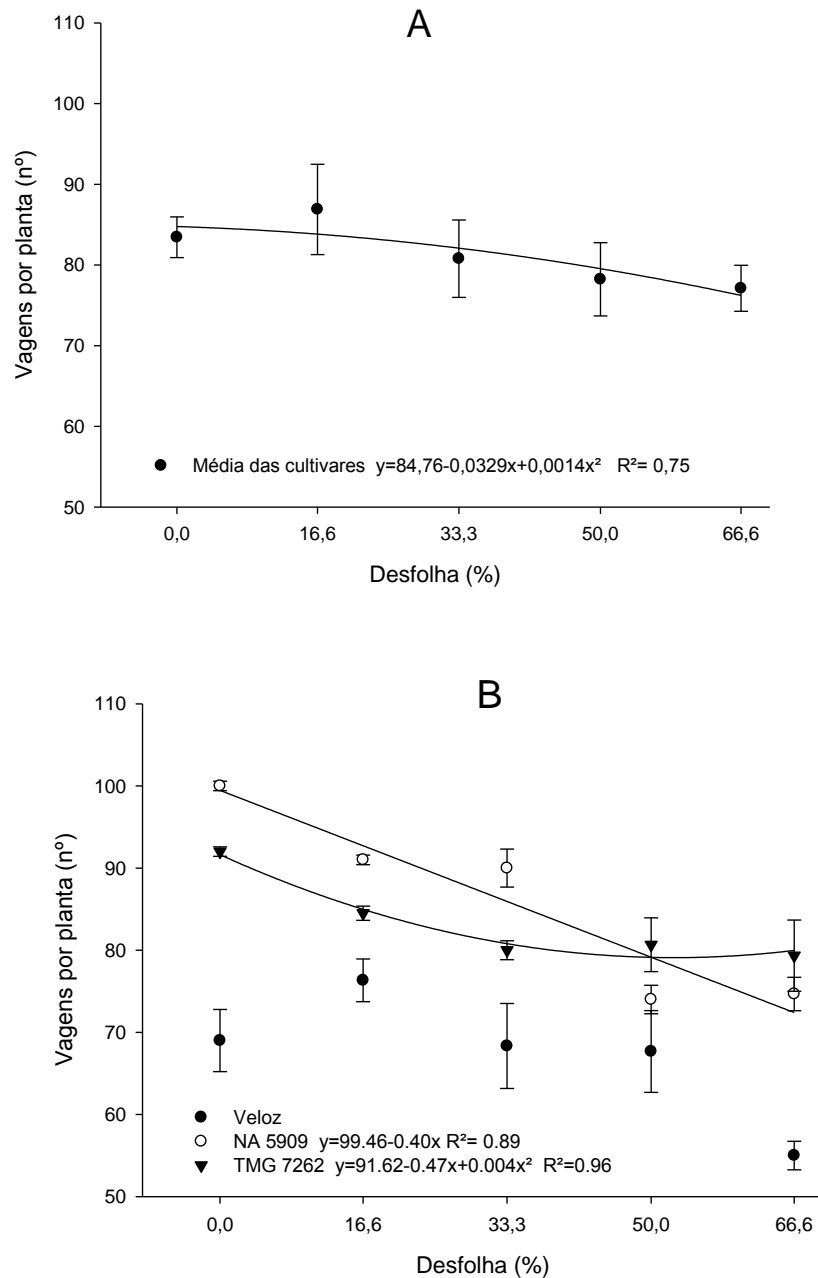
Board & Kahlon (2011) atribuíram a diminuição da massa de 1.000 grãos ocasionada pela desfolha à diminuição do fornecimento de fotoassimilados. As cultivares de soja utilizadas atualmente possuem menor área foliar e maior potencial produtivo (PROCÓPIO et al., 2013). Conseqüentemente, o suprimento de produtos

oriundos de fotossíntese é menor quando submetidas à desfolha. O menor suprimento de fotoassimilados tem como consequência menor massa de grãos e menor rendimento, principalmente quando a redução de área foliar ocorre na fase reprodutiva, independentemente do grupo de maturação da cultivar. Resultado distinto foi reportado por Ribeiro & Costa (2000) que observaram acréscimo na massa de 1.000 grãos para desfolhas no estágio R3, em cultivares lançadas no século passado. Os autores atribuíram este comportamento ao fato da planta possuir reservas suficientes de carboidratos para compensar a perda de área foliar.

No experimento com desfolha em V6, houve decréscimo quadrático no número de vagens por planta com o aumento da percentagem de desfolha, independentemente da cultivar (Figura 5A). Contudo, embora o efeito principal de desfolha pelo teste F e o modelo quadrático pela análise de regressão tenham sido significativos, a diferença no número médio de vagens por planta das três cultivares foi pequena, oscilando entre 83 no tratamento sem desfolha e 77 quando 66,6% da área foliar foi removida em V6. Souza et al. (2014) não verificaram diferença significativa no número de vagens por planta quando a desfolha foi imposta nos estádios V4 a V9. Este comportamento se deve à capacidade de planta de soja de produzir novos nós e gemas florais, mesmo quando submetida a estresses na fase vegetativa (MOSCARDI et al., 2012), característica que é acentuada nas cultivares com hábito de crescimento indeterminado.

Já no experimento com desfolha em R3, o número de vagens por planta foi afetado pela interação entre as cultivares e os níveis de desfolha (Figura 5B). Neste estágio fenológico, a cultivar NA 5909 apresentou decréscimo linear em função do aumento da percentagem da desfolha, enquanto a cultivar TMG 7262 teve um decréscimo quadrático com a redução na área foliar. A desfolha imposta à cultura em R3 promove um rearranjo em seus componentes de rendimento, a fim de manter a produção de grãos. Assim, a planta aborta parte das vagens e mantém às que possui capacidade de translocar fotoassimilados das folhas remanescentes (SILVA et al., 2015). Devido ao aumento dos drenos nas épocas de florescimento e enchimento de grãos, ocorrem picos de atividade fotossintética para a planta encher as vagens (BOARD et al., 2010). Desfolhas ocorridas nessas fases ocasionam maiores perdas do número de vagens por não haver fotoassimilados para a planta realizar o enchimento de vagens, o que ocasiona seu abortamento.

Figura 5 - Número de vagens por planta em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O número de grãos por vagem oscilou entre 2,5 e 2,9. Ele não apresentou diferença entre as cultivares avaliadas e não sofreu influência dos níveis de desfolha, tanto no experimento com desfolha imposta em V6 quanto no experimento com desfolha em R3 (Tabela 4). Este comportamento corrobora as observações feitas por

Balbinot Júnior et al. (2015), demonstrando que este componente de rendimento é pouco afetado pelo manejo da cultura e por alterações de área foliar dele decorrentes.

Tabela 4 - Número de grãos por vagem de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Desfolha (%)	Cultivar			Média	CV%
	Veloz	NA 5909	TMG 7262		
<u>Grãos por vagem (nº) com desfolha em V6</u>					
0	2,7	2,8	2,9	2,8 ns	7,49
16,6	2,7	2,6	2,6	2,6	
33,3	2,6	2,6	2,7	2,6	
50	2,8	2,8	2,7	2,8	
66,6	2,8	2,8	2,9	2,9	
Média	2,7 ns	2,7	2,8		
<u>Grãos por vagem (nº) com desfolha em R3</u>					
0	2,5	2,6	2,7	2,6 ns	6,66
16,6	2,5	2,6	2,7	2,6	
33,3	2,8	2,7	2,6	2,7	
50	2,6	2,5	2,8	2,6	
66,6	2,6	2,6	2,7	2,6	
Média	2,6 ns	2,6	2,7		

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### 2.3.3 Características morfológicas

O comprimento da haste principal foi afetado pelo efeito principal das cultivares nos dois experimentos (Apêndice 3). Ele variou de 56,0 a 73,3 cm no experimento com desfolha em V6 e de 53,0 a 72,0 cm no experimento com desfolha em R3 (Tabela 5). Em ambos experimentos, a cultivar Veloz apresentou menor comprimento da haste principal do que as cultivares NA 5909 e TMG 7262, na média dos níveis de desfolha. Isso possivelmente decorre do seu menor grupo de maturação, característica que antecipa o florescimento, propiciando menor desenvolvimento vegetativo à planta (ZANON et al., 2015a).

O comprimento da haste principal não variou significativamente em função dos níveis de desfolha, nos dois estádios fenológicos em que ela foi realizada. Isso mostra que a redução de área foliar não afetou a altura de planta da soja.

Tabela 5 - Comprimento da haste principal de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Desfolha (%)	Cultivar			Média	CV%
	Veloz	NA 5909	TMG 7262		
<u>Comp. da haste principal (cm) com desfolha em V6</u>					
0	61,0	73,3	69,7	68,0 ns	8,13
16,6	56,3	70,3	72,0	66,2	
33,3	59,0	69,3	73,3	67,2	
50	56,0	65,3	69,0	63,4	
66,6	61,0	65,7	71,7	66,1	
Média	58,7 b	68,8 a	71,1 a		
<u>Comp. da haste principal (cm) com desfolha em R3</u>					
0	53,0	72,0	70,7	65,2 ns	7,94
16,6	55,7	68,0	69,7	64,5	
33,3	54,7	64,7	70,7	63,4	
50	57,0	65,3	70,0	64,1	
66,6	53,3	71,7	70,0	65,0	
Média	54,7 b	68,2 a	70,2 a		

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Resultado semelhante foi encontrado por Bahry et al. (2013) e Zuffo et al. (2015), que não observaram diferença significativa do comprimento da haste principal em plantas de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha aplicadas nas fases vegetativa e reprodutiva. Por outro lado, Moscardi et al. (2012) detectaram decréscimo do comprimento da haste principal conforme aumentou a desfolha no início do desenvolvimento da soja.

O número de nós na haste principal diferiu em função das cultivares avaliadas nos experimentos (Tabela 6). A cultivar TMG 7262 apresentou maior número de nós do que as cultivares Veloz e NA5909, na média dos níveis de desfolha realizadas em V6 e R3. Esta característica está ligada ao seu maior grupo de maturação, o qual também foi reponsável pela maior estatura de planta (Tabela 5).

Não houve diferenças no número de nós da haste principal em função dos diferentes níveis de desfolha, tanto no experimento com a injúria imposta em V6 quanto no experimento com a injúria imposta em R3.

Tabela 6 - Número de nós da haste principal de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Desfolha (%)	Cultivar			Média	CV%
	Veloz	NA 5909	TMG 7262		
<u>Nós da haste principal (nº) com desfolha em V6</u>					
0	16,3	14,3	18,7	16,4 ns	8,78
16,6	16,0	14,7	17,3	16,0	
33,3	16,7	13,0	19,0	16,2	
50	16,7	15,0	17,3	16,3	
66,6	15,3	14,7	17,3	15,7	
Média	16,4 b	14,3 c	17,9 a		
<u>Nós da haste principal (nº) com desfolha em R3</u>					
0	14,0	15,7	18,0	15,9 ns	7,52
16,6	15,3	15,3	17,3	16,0	
33,3	14,7	15,3	17,3	15,8	
50	15,7	15,7	18,3	16,5	
66,6	15,3	14,7	18,0	16,0	
Média	15,0 b	15,3 b	17,8 a		

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O número de ramos produtivos diferiu entre as cultivares avaliadas nos experimentos (Tabela 7). Em ambos os ensaios, a cultivar NA 5909 apresentou maior número de ramos produtivos que as demais cultivares testadas. Esta característica também foi observada a campo por Matei et al. (2017), sob baixa densidade populacional, sendo responsável pela alta estabilidade e adaptabilidade da NA 5909 a diferentes arranjos de plantas.

Os níveis de desfolha não afetaram significativamente o número de ramos produtivos das três cultivares, independentemente do estágio fenológico em que ela foi realizada.

Tabela 7 - Número de ramos produtivos de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Desfolha (%)	Cultivar			Média	CV%
	Veloz	NA 5909	TMG 7262		
<u>Ramos produtivos (nº) com desfolha em V6</u>					
0	6,7	9,7	8,0	8,1 ns	11,46
16,6	6,7	9,0	7,7	7,8	
33,3	7,3	8,3	8,3	7,9	
50	8,0	9,0	7,7	8,2	
66,6	7,3	8,7	7,0	7,7	
Média	7,2 b	8,9 a	7,7 b		
<u>Ramos produtivos (nº) com desfolha em R3</u>					
0	7,7	10,7	9,7	9,4 ns	15,60
16,6	7,3	9,0	9,7	8,7	
33,3	9,0	9,0	8,3	8,8	
50	8,0	9,3	7,7	8,3	
66,6	8,0	10,0	7,3	8,4	
Média	8,0 b	9,6 a	8,5 b		

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

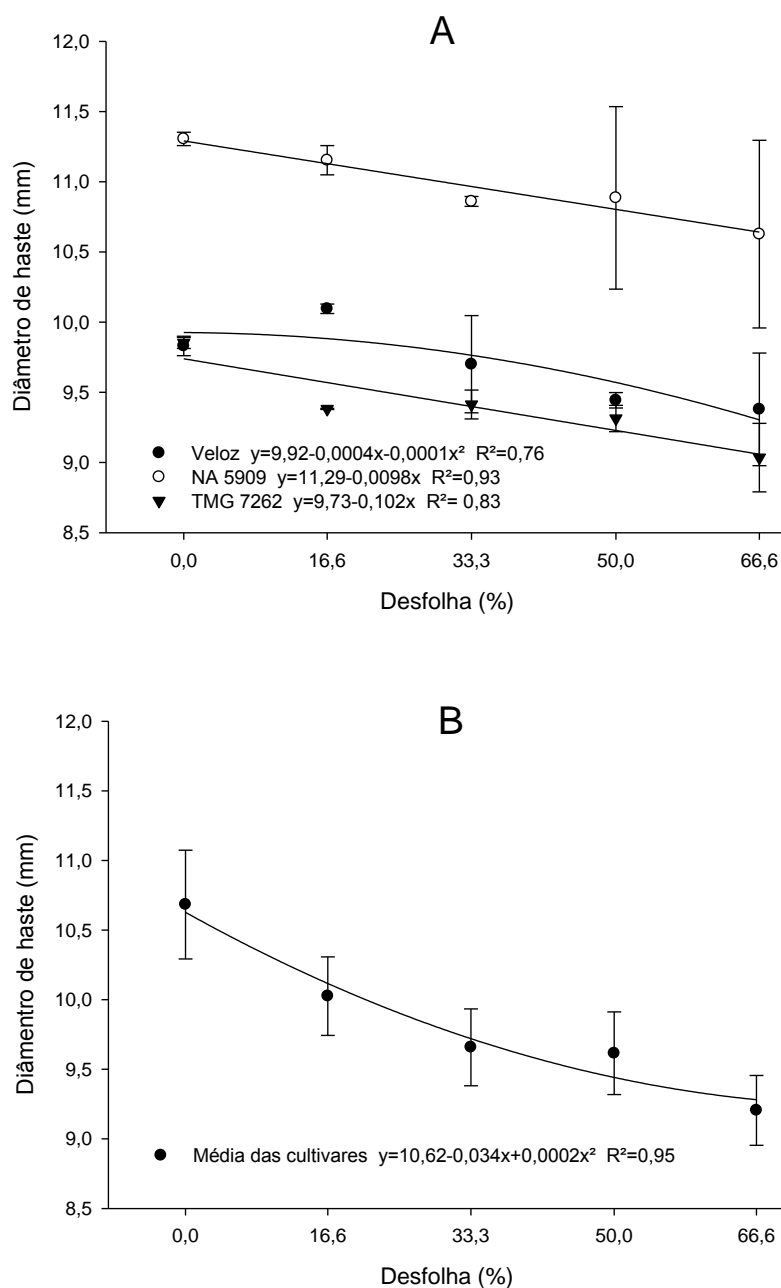
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O diâmetro da haste principal foi influenciado pelos diferentes níveis de desfolha em ambos experimentos (Apêndice 4). No experimento com desfolha em V6, a variável se comportou de forma distinta para cada cultivar (Figura 6A). Para a cultivar Veloz, houve um comportamento quadrático conforme o aumento da injúria, apresentando decréscimo a partir de 16,6% de desfolha. Houve um decréscimo linear do diâmetro da haste das cultivares NA 5909 e TMG 7262, conforme aumentou o nível de desfolha.

No experimento com desfolha em R3, a variável se comportou de forma semelhante para as diferentes cultivares, com um decréscimo quadrático do diâmetro de haste em função do aumento da percentagem de desfolha (Figura 6B).

A diminuição do diâmetro de haste à medida que aumentou a percentagem de desfolha tanto em V6 quanto em R3 se deve possivelmente a remobilização de fotoassimilados do caule para outros drenos da planta para compensar as perdas de área foliar. Resultado distinto foi encontrado por Bahry et al. (2013), que não observaram diferença significativa no diâmetro de haste na soja em função do nível de desfolha imposto à planta.

Figura 6 - Diâmetro da haste principal em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O rendimento biológico foi afetado pelas cultivares, pelos níveis de desfolha e pela interação entre os dois fatores em ambos experimentos (Apêndice 4).

Observando o experimento com desfolha no estágio V6, pode-se verificar que a cultivar Veloz apresentou o maior decréscimo no rendimento biológico, decrescendo

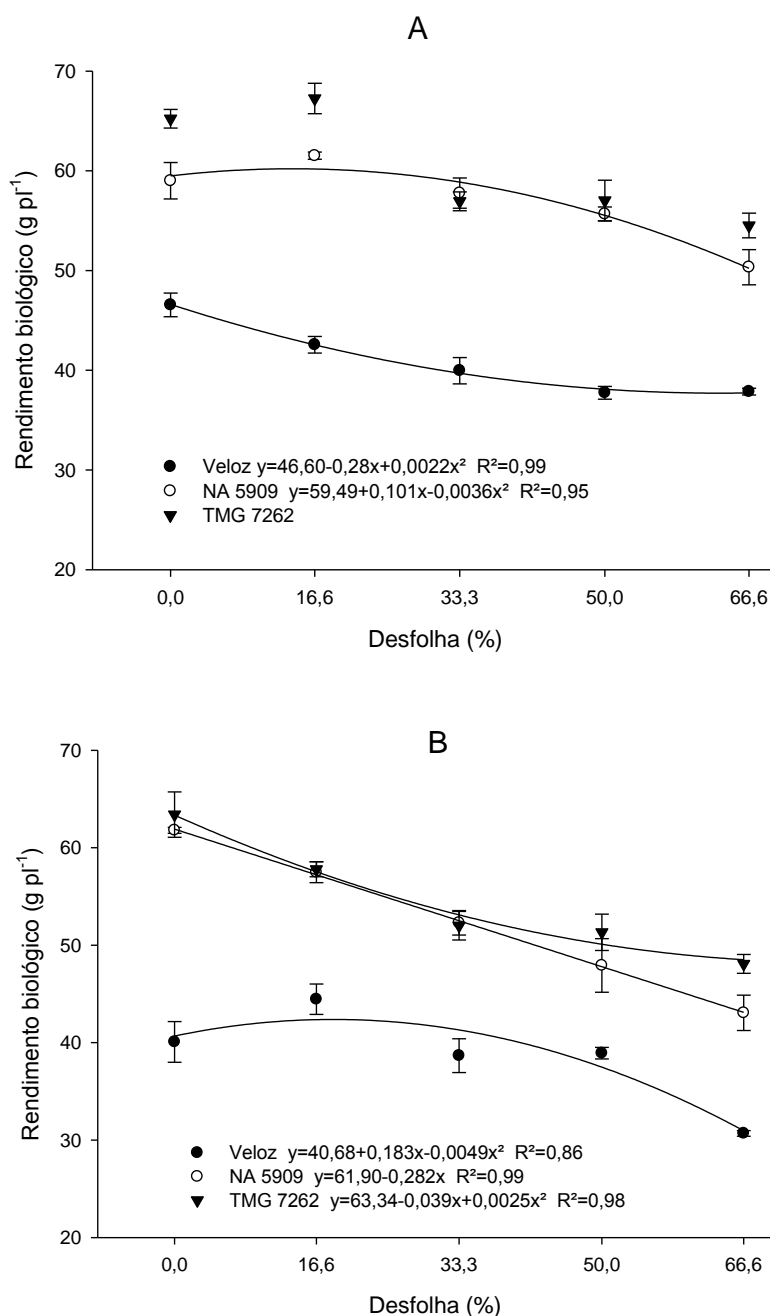


de forma quadrática de acordo com o aumento do nível da desfolha (Figura 7A). A cultivar NA 5909 também apresentou comportamento quadrático, com maiores rendimentos biológico nos tratamentos sem desfolha e com 16,6% de desfolha, declinando posteriormente conforme aumentou o nível da injúria. Já o rendimento biológico da cultivar TMG 7262 não se ajustou aos modelos testados.

Para o experimento com desfolha em R3, a cultivar Veloz apresentou menor decréscimo no rendimento biológico em função da redução de área foliar do que as cultivares NA 5909 e TMG 7262 (Figura 7B).

Islam (2014) também verificou queda do rendimento biológico de soja à medida que aumentou a percentagem de desfolha. Isto demonstra que perdas de área foliar tanto no estágio vegetativo quanto no reprodutivo afetam o acúmulo de biomassa na cultura da soja. Isso se deve à menor capacidade fotossintética da planta, tendo em vista que a taxa fotossintética da planta e o acúmulo de biomassa apresentam grande correlação entre si (BOARD et al., 2010; BOARD & KAHN, 2011).

Figura 7 - Rendimento biológico em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

O índice de colheita foi influenciado pelo efeito de desfolha no experimento com a injúria em V6 (Apêndice 4). No experimento com a injúria imposta em R3 ele sofreu influência das cultivares, do nível de desfolha e da interação entre os dois fatores.

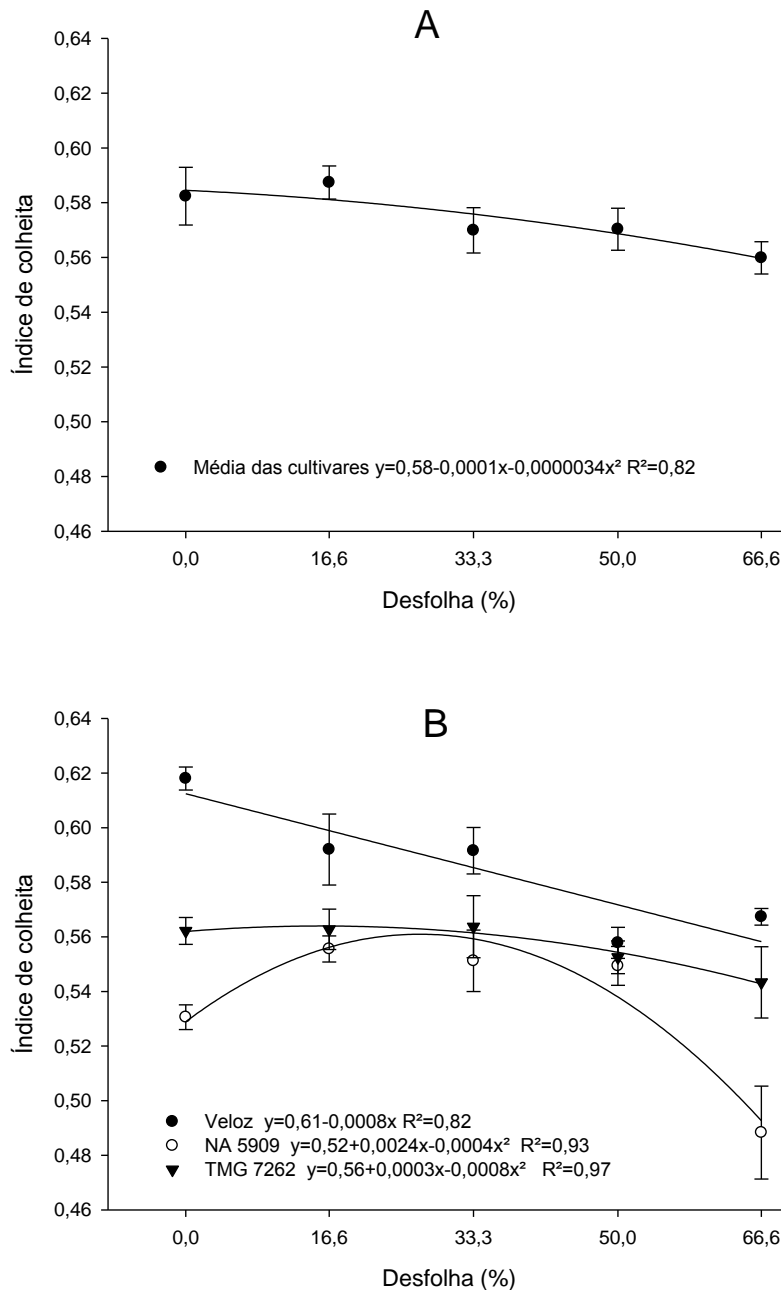
Para desfolha em V6, as cultivares apresentaram comportamento similar entre si, tendo o índice de colheita decrescido de forma quadrática com desfolhas superiores a 16,6% (Figura 8A)

No experimento com desfolha em R3, a cultivar Veloz apresentou decréscimo linear com o aumento da percentagem de desfolha, decrescendo 9,7% comparando o tratamento com 66,6% de desfolha ao tratamento sem desfolha (Figura 8B). As cultivares NA 5909 e TMG 7262 apresentaram um comportamento quadrático da variável, que denotou pequena variação numérica do IC em função do incremento na percentagem de desfolha

Board et al. (2010) e Zuffo et al. (2015) observaram decréscimo do índice de colheita conforme aumentou a percentagem de desfolha. A influência dos níveis de desfolha no índice de colheita indica mudanças na conversão de biomassa vegetal em grãos. Essas mudanças podem levar a perdas no potencial produtivo e utilização de recursos durante o desenvolvimento da soja.

Os dados da Figura 8 mostram que na maioria dos tratamentos o índice de colheita apresentou valores superiores a 0,5, indicando que mais de 50% da fitomassa total da planta estava concentrada nos grãos. Valores iguais ou superiores a estes foram encontrados em cultivares lançadas recentemente por Rufino (2010), Suhre et al. (2014) e Todeschini (2018), ressaltando a grande eficiência das cultivares modernas em alocar assimilados para a produção de grãos.

Figura 8 - Índice de colheita em três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha em V6 (A) e R3 (B). Lages, SC, 2016/2017. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

## 2.4 CONCLUSÕES

A desfolha realizada em V6 reduz mais a produção de grãos na cultivar Veloz do que nas cultivares NA 5909 e TMG 7262.

Desfolhas de 16,6% realizadas em R3 não reduzem significativamente a produção de grãos, independentemente do grupo de maturação da cultivar.

O nível de dano econômico da soja em V6 depende do grupo de maturação da cultivar.

O grupo de maturação da cultivar não interfere no nível de dano econômico da soja à desfolha em R3.

### 3 TOLERÂNCIA DA SOJA À DESFOLHA NA FASE REPRODUTIVA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

#### RESUMO

A tolerância da soja à desfolha pode ser afetada pela densidade populacional. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar o efeito da densidade de plantas sobre a tolerância à desfolha da soja na fase reprodutiva. O experimento foi conduzido a campo, no município de Campos Novos, SC, durante os anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso dispostos em parcelas sub-divididas. Na parcela principal avaliaram-se três densidades populacionais: 100.000 pl ha<sup>-1</sup>, 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e 500.000 pl ha<sup>-1</sup>. Nas sub-parcelas, a cultivar NA 5909 foi submetida a cinco níveis de desfolha no estágio R3: 0%, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6%. Avaliou-se o IAF e expansão do IAF após desfolha, o rendimento de grãos e seus componentes. O rendimento de grãos variou entre 4.219 kg ha<sup>-1</sup> a 5.356 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2016/2017, e de 3.732 kg ha<sup>-1</sup> a 5.186 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2017/2018. A densidade de plantas não interferiu na resposta do rendimento de grãos à desfolha realizada no início de formação das vagens. Desfolhas de 16,6% incrementaram o rendimento de grãos 7,5% e 5,6% em relação a testemunha, nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. A cultivar NA 5909 tolerou desfolhas de até 33,3% em R3 sem decrescer significativamente o rendimento de grãos, independentemente da densidade de plantas.

Palavras-chave: *Glycine max*, Área Foliar, População de Plantas, Rendimento.

#### ABSTRACT

The tolerance of soybean to defoliation can be affected by plant population. This work was conducted with the purpose of determining the effect of population density on soybean tolerance to defoliation in the reproductive phase. A field experiment was set in Campos Novos, SC, during the growing seasons of 2016/2017 and 2017/2018. A randomized block design, disposed in split-plots was used. Three population densities were evaluated in the main plots: 100,000 pl ha<sup>-1</sup>, 300,000 pl ha<sup>-1</sup> and 500,000 pl ha<sup>-1</sup>. The cultivar NA 5909 was submitted to five defoliation levels at R3 in the split-plots: 0%, 16.6%, 33.3%, 50% and 66.6%. The IAF and its expansion after defoliation, grain yield and its components were assessed. Grain yield ranged from 4,219 kg ha<sup>-1</sup> to 5,356 kg ha<sup>-1</sup>, in the growing season of 2016/2017, and from 3,732 kg ha<sup>-1</sup> to 5,186 kg

ha<sup>-1</sup>, in the growing season of 2017/2018. Plant density did not influence grain yield response of cultivar NA 5909 to the defoliation performed at the beginning of pod formation. Defoliations of 16.6% increased grain yield 7.5% and 5.6% in comparison with the control in the 2016/2017 and 2017/2018 crops, respectively. The cultivar NA5909 tolerated defoliation levels up to 33.3% in R3 without significantly decrease its grain yield, regardless of plant density.

Key words: *Glycine max*, Leaf area, Plant population, Yield.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja cresceu muito no Brasil nos últimos anos, tornando esta oleaginosa a cultura mais produzida no país, com 35,1 milhões de hectares cultivados e produção de 119,2 milhões de toneladas na safra 2017/2018. (CONAB, 2019).

O crescimento na produção evoluiu paralelamente às condições que proporcionaram obtenção de maiores potenciais produtivos. Os programas de melhoramento buscam desenvolver cultivares mais eficientes no aproveitamento de recursos e mais produtivas. Isto acarretou em mudanças morfológicas e fisiológicas das plantas cultivadas, selecionando genótipos com maior capacidade fotossintética, menor IAF e com hábito de crescimento indeterminado (MORRISON et al., 1999; JIAN et al., 2010; LIU et al., 2012).

Além disto, as práticas de manejo também mudaram e evoluíram ao longo do tempo. No século passado, a densidade populacional recomendada nas lavouras de soja era de 400.000 pl ha<sup>-1</sup>, com tolerância de 15 a 20% para mais ou para menos (GAUDÊNCIO et al., 1990; ROCHA et al., 2018). Atualmente, a população recomendada é de aproximadamente 250.000 a 300.000 pl ha<sup>-1</sup> para a maioria das cultivares que estão disponíveis no mercado (ROCHA et al., 2018). As cultivares atuais de soja são mais eficientes fotossinteticamente do que cultivares mais tardias utilizadas no passado, que apresentavam IAF próximos a 8. No entanto, os genótipos mais precoces e produtivos utilizados atualmente são potencialmente mais sensíveis a estresses, como o causado por desfolha (TISOT & ZOTTIS, 2015).

Em densidades mais baixas, a competição intraespecífica por água, nutrientes e luz é menor. Em altas densidades, as folhas sombreadas podem não contribuir para a fotossíntese do dossel, senescendo precocemente e sendo mais suscetíveis a doenças (LUCA & HUNGRIA, 2014). Além disso, a falta de penetração da luz para as

camadas mais profundas pode afetar tanto a fotossíntese quanto o início da formação de nódulos. Por outro lado, em densidades baixas, estresses ocasionados por fatores bióticos ou abióticos podem causar danos maiores no rendimento de grãos pelo menor IAF da cultura, que lhe confere menor capacidade de mitigação do efeito negativo.

O hábito de crescimento da soja também pode influenciar sua resposta à densidade populacional. Zanon et al. (2015b) observaram que a contribuição do IAF proveniente dos ramos para o IAF total da planta é menor em cultivares de hábito de crescimento indeterminado, possibilitando menor tolerância a densidades populacionais menores.

Com base nos trabalhos conduzidos por Panizzi (1977) e outros, estabeleceram-se como NDE 30% de desfolha nos estádios vegetativos e 15% de desfolha nos estádios reprodutivos. Contudo, estes trabalhos foram conduzidos no sistema de cultivo convencional, com cultivares que atualmente não são mais utilizadas (COSTA et al., 2003).

A mudança das características das cultivares usadas atualmente, as quais apresentam predominantemente ciclo precoce e hábito de crescimento indeterminado, é um dos fatores que mais contribui para a baixa adoção do MIP (BUENO et al., 2012), gerando insegurança a agricultores e técnicos quanto à eficácia dos NDE propostos atualmente. Teme-se que cultivares modernas, por terem menor área foliar, ciclo mais curto e maior potencial produtivo, sejam mais sensíveis à desfolha do que as cultivares antigas.

A densidade de plantas pode afetar a sensibilidade da soja à desfolha. Este efeito ocorre porque ela interfere na competição inter e intraespecífica por recursos como luz, água e nutrientes, além de provocar mudanças morfofisiológicas na estatura e na capacidade de ramificação das plantas (ARGENTA et al., 2001).

Poucos trabalhos científicos avaliando os efeitos da densidade de plantas sobre o desempenho agrônomo da soja foram desenvolvidos ou publicados no Brasil na última década (BALBINOT JÚNIOR et al., 2015). A realização de experimentos que avaliem este tema é importante devido à mudança das características morfofisiológicas das cultivares de soja e ao seu maior potencial produtivo. Além disto, ocorreram alterações importantes em algumas práticas de manejo. Entre estas se destacam a antecipação da época de semeadura do mês de novembro para final de setembro/início de outubro e a redução na densidade de plantas de 400.000 para 250.000 a 300.000 pl ha<sup>-1</sup>. As semeaduras antecipadas têm por objetivo reduzir



incidência de doenças e pragas de final de ciclo e viabilizar a implantação de uma segunda cultura de verão em sucessão, dentro do mesmo ano agrícola (ZANON et al., 2015a; GARCIA et al., 2018). A utilização de menores populações se deve a maior qualidade das sementes e ao seu maior custo, em função das características inseridas nos genótipos via transgenia e a baixa resposta da cultura ao incremento na população de plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2016b; ROCHA et al., 2018).

Este trabalho foi conduzido com base na hipótese de que a densidade de plantas e o índice de área foliar interferem na tolerância da soja a desfolha, que é menor sob baixas populações. O objetivo do experimento foi determinar o efeito da densidade populacional sobre a tolerância à desfolha da soja na fase reprodutiva.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Campos Novos, durante os anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. As coordenadas geográficas do local são 27° 37' de latitude sul, 51° 26' de longitude oeste e altitude de 930 metros.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006). Segundo os resultados da análise de solo realizada em setembro de 2016, ele apresentava as seguintes características na camada de 0 a 20 cm: 550 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em água 5,2; 61,4 mg dm<sup>-3</sup> de P, 329 mg dm<sup>-3</sup> de K; 5,6 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al e 25,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC. A área experimental estava em rotação com milho (*Zea mays*) e sucessão com aveia preta.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas com três repetições. Na parcela principal foram avaliadas três densidades populacionais, equivalentes a 100.000 pl ha<sup>-1</sup>, 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e 500.000 pl ha<sup>-1</sup>. Nas subparcelas foram testados cinco níveis de desfolha, equivalentes a 0%, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6% da área foliar apresentada pela cultura no momento da remoção das folhas. O nível 0% equivaleu a testemunha, 16,6% ao nível de dano econômico (NDE) proposto atualmente para o estágio reprodutivo, 33,3% ao NDE proposto para o estágio vegetativo, 50% e 66,6% a valores acima do NDE em qualquer período de desenvolvimento da cultura. Cada subparcela foi composta por cinco linhas, com 6 m de comprimento, com espaçamento de 0,45m de entrelinhas.

O experimento foi implantado nos dias 02/12/2016 e 04/12/2017, na primeira e segunda safra, respectivamente, no sistema de semeadura direta, utilizando

semeadora tratorizada. A área experimental recebeu adubação de 420 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 4-24-18. A cultivar utilizada foi a NA 5909 RG. Suas sementes foram tratadas com tiametoxam (Cruiser®) na dose de 3 ml kg<sup>-1</sup> de semente e melataxil + tiabendazol + fludioxonil (Maxim Advanced®) na dose de 1 ml kg<sup>-1</sup> de semente.

O desbaste para ajustar as populações de acordo com o tratamento foi efetuado quando as plantas atingiram o estágio V1. O controle de pragas foi realizado com 0,5 ml L<sup>-1</sup> de lambda-cialotrina + clorantraniliprole (Ampligo®), 1,2 ml L<sup>-1</sup> de profenós + lufenuron (Curyom®) e 1 ml L<sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno®). O controle de doenças foi feito com a aplicação de 1 g L<sup>-1</sup> de azoxistrobina + benzovindiflupir (Elatus®) e 2,6 ml L<sup>-1</sup> de trifloxistrobina + protioconazol (Fox®). Efetuou-se a aplicação preventiva dos inseticidas e dos fungicidas a partir do estágio V5, com aplicações sequenciais a cada 14 dias, intercalando os produtos para impedir que pragas e doenças afetassem a área foliar da cultura.

A desfolha foi realizada quando a cultura se encontrava no estágio R3 (início de formação das vagens) da escala proposta por Ritchie et al. (1982). Ela foi realizada com auxílio de tesoura, cortando as folhas de forma longitudinal, de acordo com o nível de desfolha imposto (Figura 1).

A área foliar foi determinada medindo o comprimento e a maior largura do folíolo central de cada trifólio da planta e aplicando a equação de Richter et al. (2014):  $AF = a \cdot (C \cdot L)$ , onde: AF é a área da folha (m<sup>2</sup>), C é o comprimento da folha (m), L é a maior largura da folha (m), a é o coeficiente angular de 2,0185. O somatório de área foliar de todas as folhas da planta determinou a área foliar por indivíduo. O índice de área foliar (IAF) foi obtido dividindo a área foliar pela superfície de solo ocupada pela planta em cada densidade. A primeira avaliação de IAF foi realizada no dia da imposição das desfolhas. A segunda avaliação de IAF foi efetuada no estágio R5 (início do enchimento de grãos). A expansão foliar foi determinada pela diferença do IAF entre os estádios R3 e R5.

A colheita foi realizada nos dias 13/04/2017 e 20/04/2018, na primeira e segunda safra, respectivamente. Após a colheita efetuou-se as seguintes avaliações: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 1.000 grãos, rendimento de grãos, comprimento da haste principal, número de nós da haste principal, número de ramos produtivos, diâmetro da haste principal, rendimento biológico e índice de colheita.

O rendimento biológico foi obtido somando a massa seca das hastes, das vagens e dos grãos de cada planta. O índice de colheita foi obtido dividindo o rendimento biológico pela massa de grãos de cada planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F. Os valores de F para os efeitos principais e as interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ). Quando alcançada a significância estatística no teste F, as médias do fator densidade de plantas foram comparadas pelo teste t e do fator níveis de desfolha por regressão polinomial. Ambas as comparações foram feitas ao nível de significância de 5%.

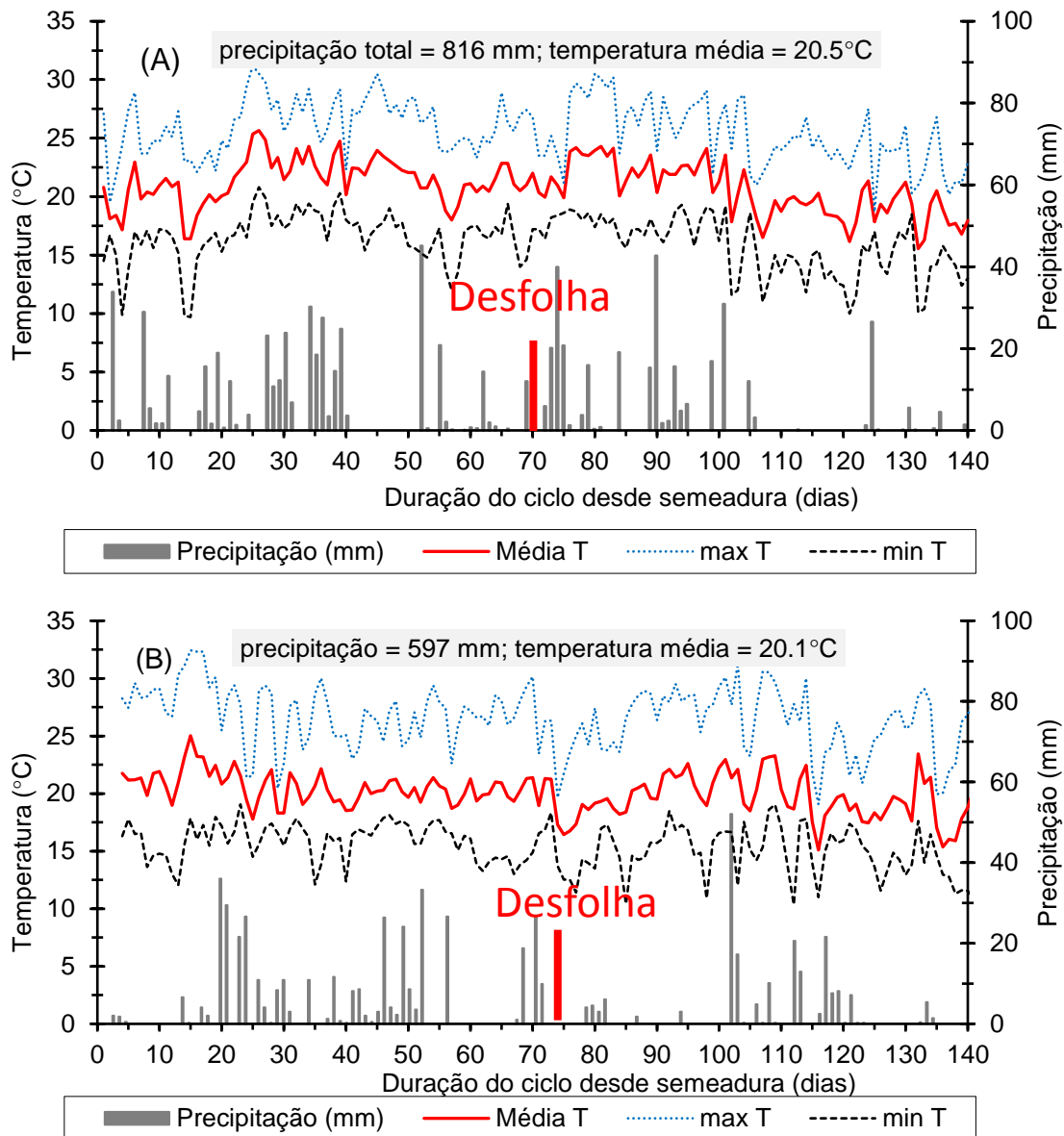
### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos de precipitação e temperatura durante as fases de desenvolvimento da soja nas safras 2016/2017 e 2017/2018 podem ser observados na Figura 9.

Na primeira safra, a desfolha foi efetuada 70 dias após a semeadura, enquanto na segunda safra a desfolha foi efetuada 73 dias após a semeadura.

Figura 9 - Dados meteorológicos de precipitação e temperatura durante o ciclo de desenvolvimento da soja. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B).



Fonte: EPAGRI (2018)

Elaborado pelo autor, 2019

Constatou-se que o ano agrícola 2016/2017 apresentou uma precipitação abundante e bem distribuída, totalizando 816 mm ao longo do ciclo da cultura. No ano agrícola 2017/2018 a precipitação foi menor, atingindo 597 mm. Ela também apresentou uma distribuição desuniforme, acarretando em períodos de estiagem em determinados momentos do ciclo da cultura.

A necessidade hídrica da cultura varia de 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo utilizado e do ciclo da cultura (FARIAS et al., 2007).

A necessidade hídrica da soja aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos. Em 2017/2018 houve períodos de estiagem entre a floração e o enchimento de grãos (60 a 100 dias após semeadura), o que contribuiu para o menor rendimento de grãos médio na segunda safra do experimento (Tabela 10, Figura 12).

A temperatura média na primeira safra foi de 20,5°C, enquanto na segunda safra foi de 20,1°C. A temperatura média observada nos dois anos de cultivo está dentro da faixa ideal para o desenvolvimento da cultura, que se situa entre 20 e 30°C (FARIAS et al., 2007).

### 3.3.2 Índice de área foliar e expansão do IAF

A Tabela 8 mostra os valores de IAF registrados em R3 nas três densidades populacionais, no momento anterior à desfolha. Na primeira safra observou-se que os tratamentos com 100.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentaram menor IAF do que os tratamentos com 300.000 e 500.000 pl ha<sup>-1</sup>. Na segunda safra, houve diferença significativa entre os tratamentos com 100.000 pl ha<sup>-1</sup> e 500.000 pl ha<sup>-1</sup>, enquanto os tratamentos com 300.000 pl ha<sup>-1</sup> não difeririam significativamente dos demais.

Tabela 8 - Índice de área foliar da soja em três densidades antes da imposição de desfolha em R3 Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

100.000	Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )		CV %
	300.000	500.000	
<u>IAF em 2016/2017</u>			
3,90 b	5,63 a	6,26 a*	12,35
<u>IAF em 2017/2018</u>			
4,88 b	5,39 ab	5,82 a	10,53

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Os maiores valores absolutos de IAF foram obtidas na densidade supra-ótima de 500.000 pl ha<sup>-1</sup> e os menores na densidade sub-ótima de 100.000 pl ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados por Balbinot Júnior et al. (2016a) e Cruz et al. (2016), onde o IAF aumentou conforme o aumento a densidade de plantas.

A Tabela 9 e a Figura 10 apresentam o IAF medido no estágio R5 da cultura. Nos dois anos agrícolas, ele foi afetado pelos efeitos principais da densidade de plantas e do nível de desfolha. Na primeira safra, os tratamentos com densidade de

100.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentaram menor valor de IAF que os tratamentos com as demais densidades que não diferiram significativamente entre si. Na segunda safra, o IAF na densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> foi menor que na densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup>, enquanto a densidade de 300.000 pl ha<sup>-1</sup> não diferiu das demais populações.

As plantas submetidas a desfolhas superiores a 33,3% não recuperaram seu IAF até o estágio R5 (caracterizado pelo fim da emissão foliar para cultivares de hábito de crescimento indeterminado) na primeira safra (Figura 10A). Já na segunda safra, o decréscimo do IAF ocorreu a partir dos tratamentos com 16,6% de desfolha, na média das três densidades de plantas (Figura 10B).

Tabela 9 - Índice de área foliar em R5 da soja em três densidades, na média de cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

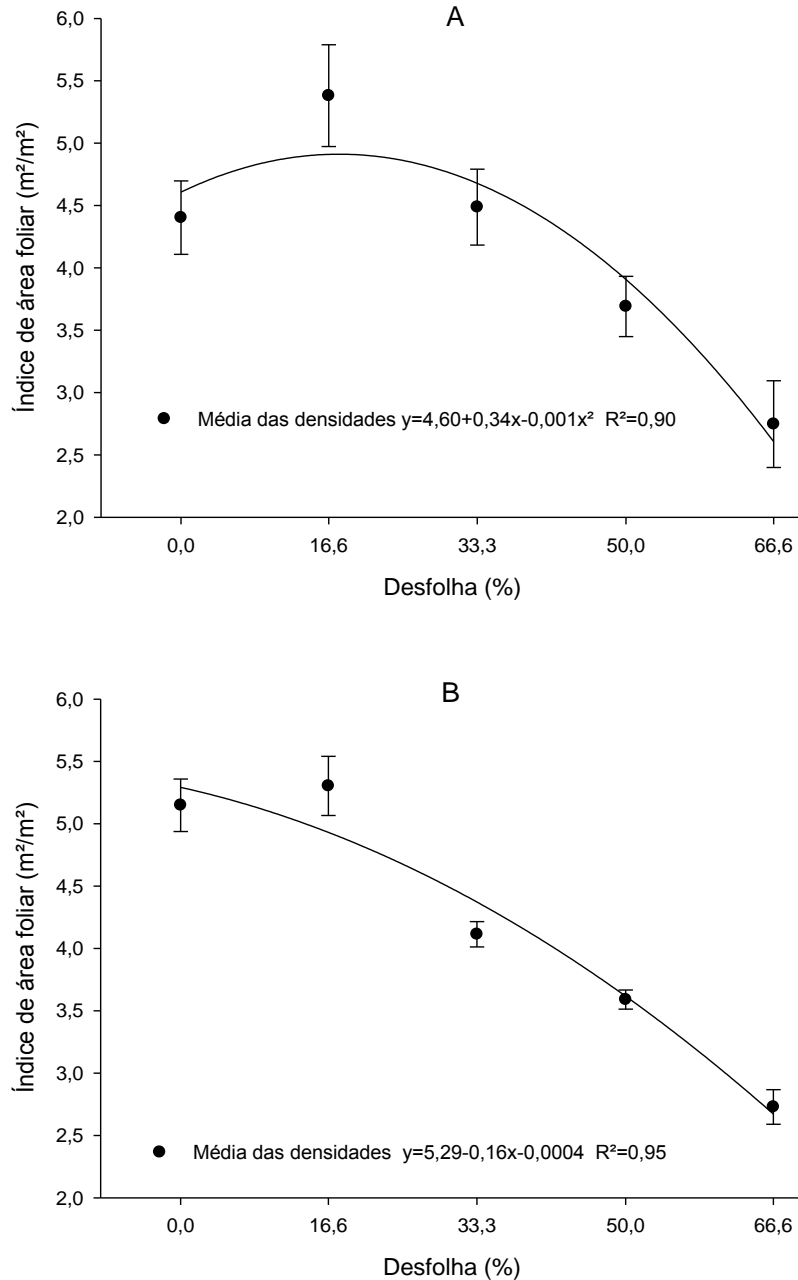
100.000	Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )		CV %
	300.000	500.000	
	<u>IAF R5 em 2016/2017</u>		
3,19 b	4,39 a	4,84 a*	12,62
	<u>IAF R5 em 2017/2018</u>		
3,88 b	4,13 ab	4,50 a	9,75

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O valor do IAF crítico no início do enchimento de grãos da soja é de 3,5 (ZANON et al., 2018). Este é o IAF necessário para que ocorra a interceptação de 95% da radiação solar incidente. Tagliapietra et al. (2018) relataram que cultivares com hábito de crescimento indeterminado necessitam de IAF mínimo de 3,4 para alcançar altas produtividades (acima de 4 t ha<sup>-1</sup>). Os dados da Tabela 9 evidenciam que o valor de IAF proposto por Tagliapietra et al. (2018) para obtenção de altas produtividades foi alcançado em todas as densidades, com exceção da densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> em 2016/2017. Já na Figura 10 percebe-se que foram obtidos valores de IAF no início do enchimento de grãos superiores a 3,5 com desfolhas de até 33,3%, independentemente da densidade de plantas.

Figura 10 - Índice de área foliar em R5 da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



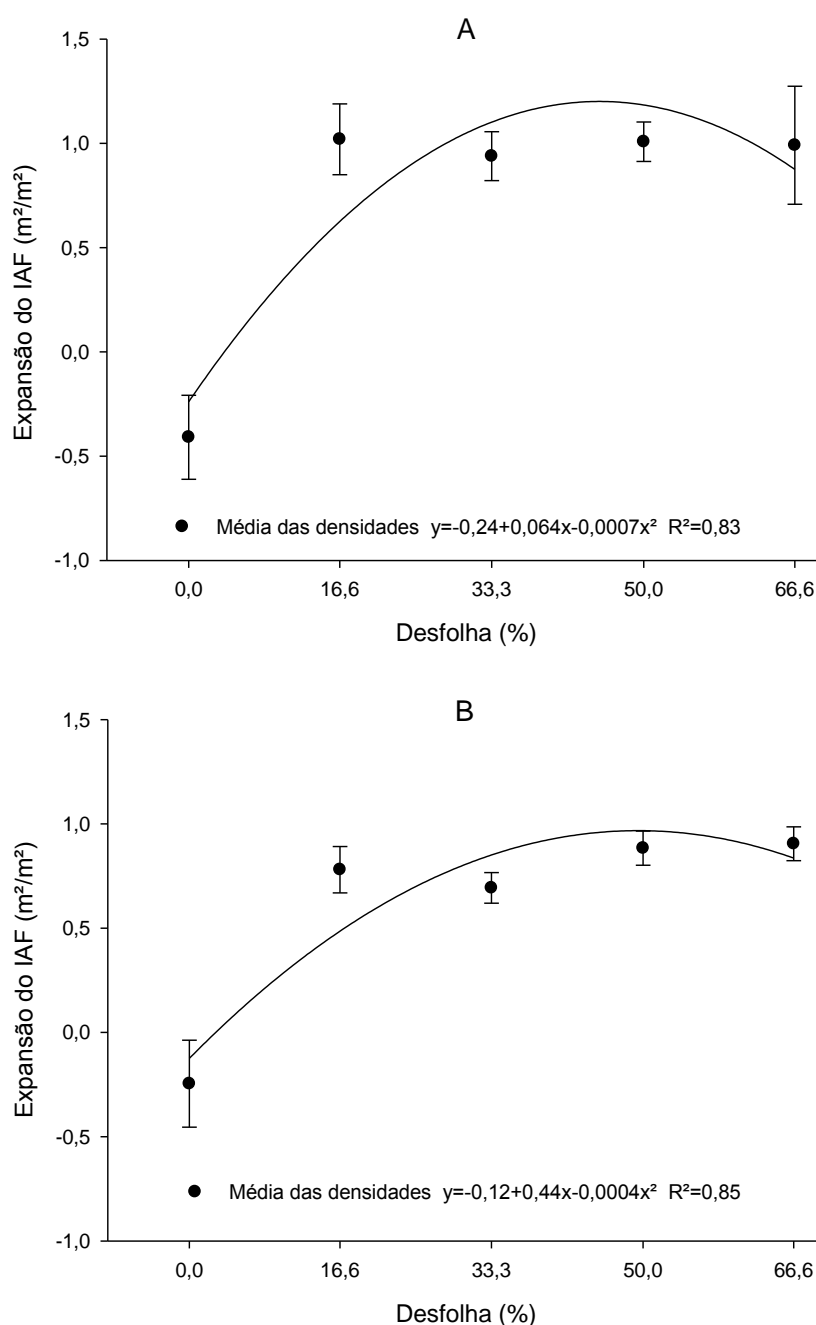
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A expansão do IAF não foi afetada pelas densidades avaliadas (Apêndice 5). Embora sob baixas densidades a planta de soja tem maior capacidade de expansão do IAF e maior capacidade de ramificação (BUCHLING et al., 2017), no presente estudo ela não apresentou maior capacidade de regeneração da área foliar na menor

densidade entre os estádios R3 e R5 nas duas safras avaliadas, independentemente do nível de desfolha.

Por outro lado, houve efeito significativo do nível de desfolha sobre a expansão do IAF entre R3 e R5. A variável teve um comportamento quadrático nas duas safras. Os tratamentos sem desfolha apresentaram menor expansão, se comparados aos tratamentos com demais níveis de desfolha.

Figura 11 - Expansão do IAF da soja entre R3 e R5 sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.





Os dados da Figura 11 mostram que os tratamentos onde não houve desfolha tiveram uma senescência foliar maior que a expansão foliar no período, tendo em vista que o valor de expansão do IAF entre os estádios R3 e R5 foi negativo. Isso pode ser explicado pela menor penetração de luminosidade no dossel, que aumenta a senescência das folhas localizadas no terço inferior da planta (Diogo et al., 1997). Os valores de expansão foliar do IAF dos tratamentos com desfolha não variaram muito em função da percentagem de área foliar removida. Isto demonstra que a planta de soja não teve capacidade de emitir maior IAF nos tratamentos em que havia maior injúria por desfolha a fim de mitigar as maiores perdas de área foliar. Esse resultado difere do encontrado por Haile et al. (1998), Fontoura et al. (2006) e Souza et al. (2014). Estes autores observaram recuperação da área foliar por meio da expansão foliar, nos tratamentos submetidos à maiores níveis de injúria, onde a planta apresentou capacidade de mitigar a maior perda de área foliar.

### **3.3.3 Rendimento de grãos e componentes**

O rendimento de grãos registrado nos ensaios variou de 4.219 kg ha<sup>-1</sup> a 5.356 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2016/2017, e de 3.732 kg ha<sup>-1</sup> a 5.186 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2017/2018, dependendo do nível de desfolha imposto e da densidade populacional usada. As médias de rendimento de grãos do experimento foram de 4.760 kg ha<sup>-1</sup> e 4.486 kg ha<sup>-1</sup>, em 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. Observou-se uma queda de 5,8% no rendimento de grãos da primeira para a segunda safra. Isso pode ser explicado pela precipitação pluviométrica, que foi maior e melhor distribuída em 2016/2017 do que em 2017/2018 (Figura 9).

A densidade de plantas não afetou significativamente o rendimento de grãos durante a safra de 2016/2017, na média dos diferentes níveis de desfolha (Apêndice 6). Entretanto, na safra 2017/2018 os tratamentos com densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentaram menor rendimento de grãos do que nas demais densidades (Tabela 10).

Tabela 10 - Rendimento de grãos da soja em três densidades, na média de cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV %
100.000	300.000	500.000	
<u>Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) em 2016/2017</u>			6,90
4.848 ns	4.760	4.701	
<u>Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) em 2017/2018</u>			7,10
4.677 a*	4.629 a	4.153 b	

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

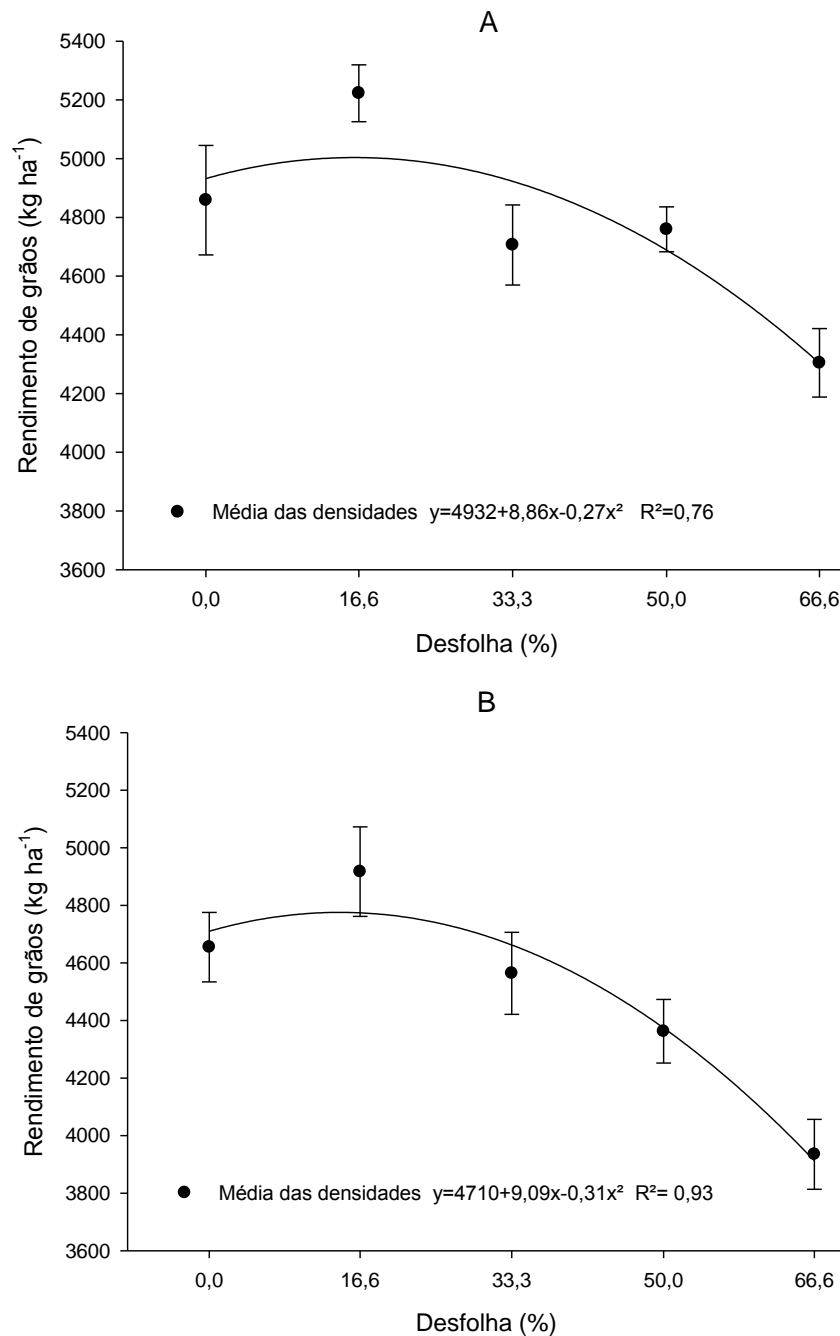
Um fator que pode explicar a maior estabilidade do rendimento de grãos na safra 2016/2017 foram as condições meteorológicas vigentes. Como pode ser observado na Figura 9, na primeira safra as chuvas foram bem distribuídas ao longo do ciclo da cultura, fato que não se repetiu na safra 2017/2018. Estes resultados comprovam a baixa resposta da soja a variações de densidade de plantas, em boas condições climáticas ao longo da safra, reportada por Souza et al. (2010), Procópio et al. (2014), De Luca & Hungria (2014), Balbinot Júnior et al. (2015), Buchling et al. (2017). Isto se deve à alta plasticidade fenotípica da cultura, que permite a planta alterar sua morfologia e os componentes de rendimento, a fim de adequá-los às condições impostas pelo arranjo de plantas (BALBINOT JÚNIOR et al., 2015), permitindo a manutenção do rendimento de grãos numa ampla faixa de densidade.

Por outro lado, no segundo ano de estudo, na densidade supra-ótima de 500 mil pl ha<sup>-1</sup> houve um descréscimo no rendimento de mais de 470 kg ha<sup>-1</sup>, na comparação com as densidades de 100.000 e 300.000 pl ha<sup>-1</sup>. O incremento na densidade de plantas aumenta a competição intraespecífica por recursos do solo, como luz, água e nutrientes, diminuindo o potencial de rendimento da cultura sob essa condição (ARGENTA et al., 2001). Todavia, quando as condições edafo-climáticas são favoráveis, sob baixas densidades a soja responde emitindo ramos laterais, o que aumenta o IAF (COX et al., 2010), permitindo que o dossel atinja valores críticos de IAF (3,5 a 4) que assegurem altos rendimentos (COX et al., 2010; TISOT & ZOTIS, 2015).

Este resultado é relevante, pois mostra a possibilidade de redução de gastos na semeadura, sem comprometimento na rentabilidade econômica. Entretanto é importante reforçar que o resultado é válido para a cultivar e ambiente estudado.

Em ambas as safras, os níveis de desfolha afetaram de forma significativa o rendimento de grãos, na média das três densidades (Apêndice 6). O tratamento com maior valor numérico de rendimento de grãos foi com 16,6% de desfolha (Figura 12).

Figura 12 - Rendimento de grãos da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Costa et al. (2003), avaliando a resposta da soja a desfolha em R3, observaram que o rendimento de grãos sofreu reduções de 23% e 26% para níveis de desfolha de 33,3% e 66,6%, respectivamente. Owen et al. (2013), estudando desfolha no mesmo estágio fenológico, também verificaram redução acentuada no rendimento de grãos, na ordem de 40% (em desfolha de 50%) e 80% (em desfolha de 100%). Estes dois autores não detectaram decréscimo no rendimento de grãos com desfolhas moderadas (15 a 30%).

Nos dois anos de estudo, não se observou efeito da interação entre a densidade de plantas e o nível de desfolha sobre o rendimento de grãos. Uma hipótese do trabalho era que o rendimento de grãos na menor densidade sofreria maior decréscimo com a desfolha em função do IAF da cultura. Esta hipótese não foi confirmada, pois o rendimento de grãos da cultura na densidade sub-ótima de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> foi semelhante à dos demais tratamentos, independentemente dos níveis de desfolha (Tabela 10). Mesmo apresentando IAF abaixo do crítico na primeira safra (Tabela 9), a média dos tratamentos com 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> apresentou rendimento de grãos igual aos demais tratamentos, com rendimentos médios superiores a 4,5 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 10). Matei et al. (2017) relataram a alta estabilidade e adaptabilidade da cultivar NA 5909 em diferentes arranjos de planta. Isto vai ao encontro dos resultados observados nesse trabalho, em que esta cultivar foi capaz de alcançar altos potenciais produtivos mesmo em densidade populacional abaixo do recomendado.

Os tratamentos em que foi imposto 16,6% de desfolha apresentaram maiores valores absolutos de rendimento de grãos nas duas safras. Calculando-se os pontos de máxima a partir das equações quadráticas ajustadas aos dados, as maiores rendimentos teóricas foram obtidas com percentagens de desfolha de 16,4% e 14,7% em 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. Desfolhas inferiores a 20% muitas vezes não diminuem a produtividade da soja por haver aumento na eficiência fotossintética provocada pela maior penetração da luz nas camadas inferiores da planta (DIOGO et al., 1997). Neste sentido, a penetração da luz no dossel pode ser mais importante que o IAF total para tolerância da soja à desfolha (HAILE et al., 1998a). Portanto, perdas moderadas de área foliar podem aumentar o rendimento de grãos, conforme constatado no presente trabalho.

Outros fatores como o hábito de crescimento indeterminado da cultivar NA 5909 e a fertilidade elevada do solo em que se conduziu o trabalho podem estar relacionados com o efeito positivo de desfolha moderada (16,6%) sobre a penetração

de luz, fixação de vagens e rendimento de grãos, pois eles aumentam a plasticidade da soja. Cultivares de hábito de crescimento indeterminado apresentam um maior período de sobreposição entre as fases vegetativa e reprodutiva (ZANON et al., 2015a), o que lhes confere maior capacidade de se recuperar de períodos curtos de estresse.

Avaliando três cultivares de hábito de crescimento indeterminado, Haile et al. (1998b) constataram que desfolhas de até 75% no estágio R2 não promoveram quedas significativas no rendimento de grãos, pelo atraso na senescência foliar em um ano de precipitação pluviométrica regular. Já no ano com precipitação irregular, esse efeito não foi observado. Isso corrobora os dados observados no trabalho, onde na primeira safra, com precipitação regular, a queda no rendimento de grãos da testemunha em relação ao tratamento com maior percentagem de desfolha foi de 11%. Já na segunda safra, com precipitação irregular, a queda no rendimento de grãos foi de 15,4%, comparando a testemunha ao nível de 66% de desfolha.

A regularidade na distribuição da precipitação pluviométrica também pode explicar a maior estabilidade do rendimento de grãos na primeira safra. Neste sentido, as diferenças percentuais de rendimento entre o tratamento mais produtivo (16,6% de desfolha) e o menos produtivo (66,6% de desfolha) foram de 17% e 20%, em 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

A massa de 1.000 grãos foi afetada pelos efeitos principais de densidade e níveis de desfolha na primeira safra e pelos níveis de desfolha na segunda safra (Apêndice 6).

Em 2016/2017, a maior massa de 1.000 grãos foi obtida na densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup>, sendo estatisticamente superior à massa obtida na densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> e similar à da densidade de 300.000 pl ha<sup>-1</sup>.

Tabela 11 - Massa de 1.000 grãos de grãos da soja em três densidades, na média de cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

	Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV %
	100.000	300.000	500.000	
<u>Massa de 1.000 grãos (g) em 2016/2017</u>				
	176,4 b	178,3 ab	180,6 a*	3,41
<u>Massa de 1.000 grãos (g) em 2017/2018</u>				
	173,3 ns	170,7	170,7	4,78

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

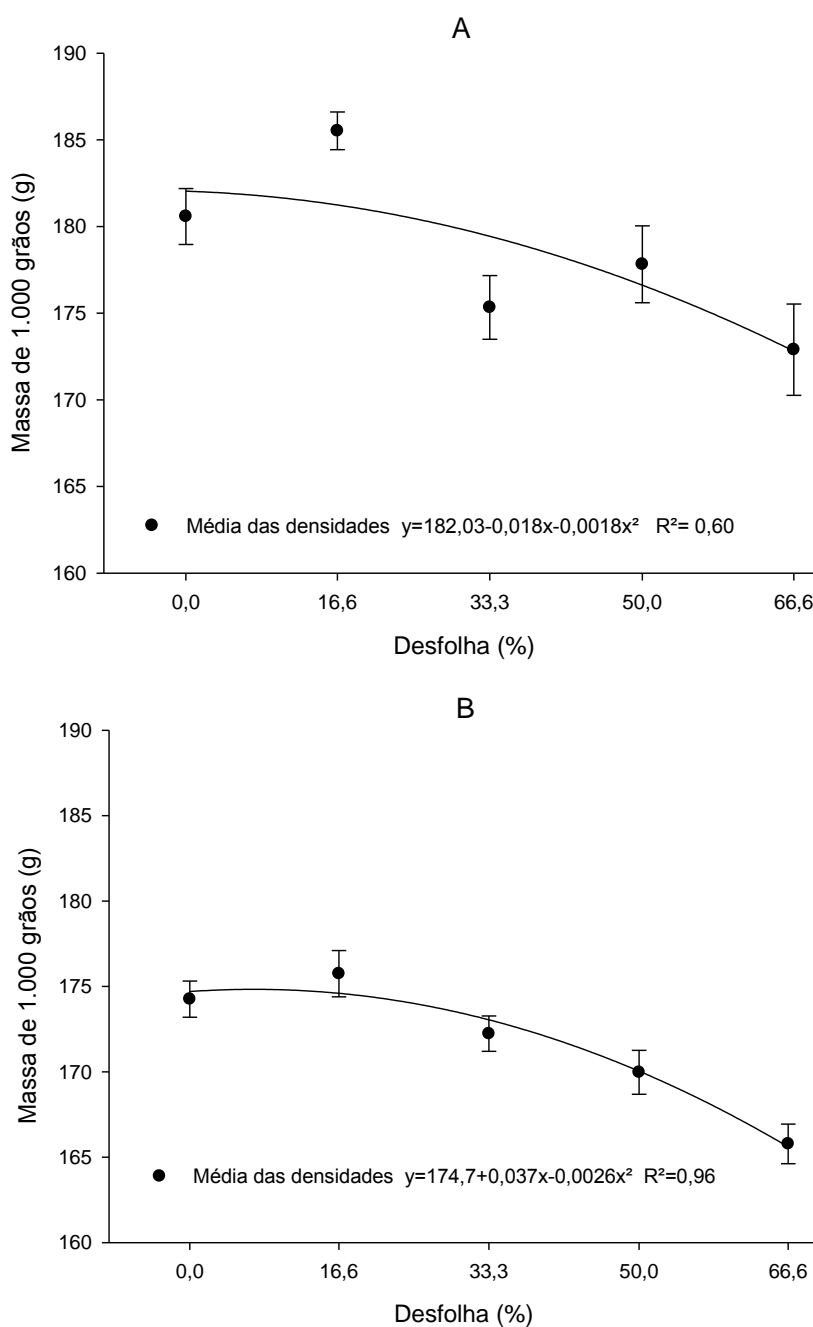
Resultado semelhante foi obtido por Tourino et al. (2002) e Peixoto et al. (2000), onde maiores densidades apresentam maiores massas de 1.000 grãos. Em menores densidades as plantas produzem mais grãos. Isto aumenta a competição entre os grãos por fotoassimilados, reduzindo a sua massa. Por outro lado, em densidades supra-ótimas há uma redução no número de vagens competindo por assimilados na planta, possibilitando maior acúmulo de fotoassimilados nos grãos remanescentes.

Verificou-se que o maior nível de desfolha provocou um decréscimo de 4,2% da massa de 1.000 grãos em relação à testemunha no primeiro ano e de 4,9% no segundo ano agrícola (Figura 13). Durante o florescimento da soja ocorre acúmulo de massa seca e nutrientes nas folhas, pecíolos, ramos e raízes (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005). Contudo, é importante salientar que a massa de 1.000 grãos pode ser reduzida em virtude de a fotossíntese não ser suficiente para suprir a demanda de fotossintatos para a planta realizar esta função (SEDYIAMA et al., 1985).

Nos dois anos agrícolas, o maior valor da massa de 1.000 grãos foi obtido no tratamento com 16,6% de desfolha. Este tratamento apresentou incremento de 2,6% na primeira safra e 0,9% na segunda safra, se comparado à testemunha sem desfolha, corroborando o resultado obtido por Thomas et al. (1978), onde desfolhas moderadas no estágio R3 aumentaram 5,3% a massa de 1.000 grãos.

Em ambas safras de estudo, a massa de 1.000 grãos decresceu de forma quadrática a partir do nível de 16,6% de desfolha. Na primeira safra, esse decréscimo foi de 6,8% e na segunda safra foi de 5,7%. Resultados semelhantes foram encontrados por Peluzio et al. (2004) e Monteiro et al. (2017), onde esta variável decresceu de forma quadrática a partir de desfolhas moderadas na fase reprodutiva da soja.

Figura 13 - Massa de 1.000 grãos da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Os valores mais altos da massa de 1.000 grãos registrados com desfolhas moderadas de 16,6% em R3 contribuíram para os maiores rendimentos obtidos neste tratamento (Figura 12). Isto corrobora a hipótese de que houve uma melhor penetração da radiação solar neste tratamento em comparação com a testemunha, permitindo que as folhas dos extratos inferiores do dossel pudessem contribuir com fotoassimilados para o enchimento de grãos.

O número de vagens por planta foi afetado pelos efeitos principais da densidade de plantas e níveis de desfolha nas duas safras (Apêndice 6). Em 2016/2017, houve maior número de vagens por planta na densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup>, sendo 230,3% superior à densidade de 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e 359,3% à densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup>. Na segunda safra, o valor registrado na menor densidade foi 204% superior à densidade de 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e 227% à densidade de 500 mil plantas ha<sup>-1</sup>, na média dos diferentes níveis de desfolha.

Tabela 12 - Número de vagens por planta da soja em três densidades e cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

100.000	Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )		CV %
	300.000	500.000	
<u>Vagens por planta (nº) em 2016/2017</u>			
107,9 a*	46,8 b	30,0 c	15,0
<u>Vagens por planta (nº) em 2017/2018</u>			
97,0 a	47,5 b	42,6 b	12,67

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Nas densidades mais baixas as plantas estão mais afastadas entre si, o que diminui a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, permitindo maior ramificação da planta (COX et al., 2010). Isto aumenta o número de nós e de gemas, permitindo maior produção de flores e de vagens por planta. Comportamento semelhante foi observado por Souza et al. (2010), Balbinot Júnior et al. (2015), Balbinot Júnior et al. (2016) e Cruz et al. (2016).

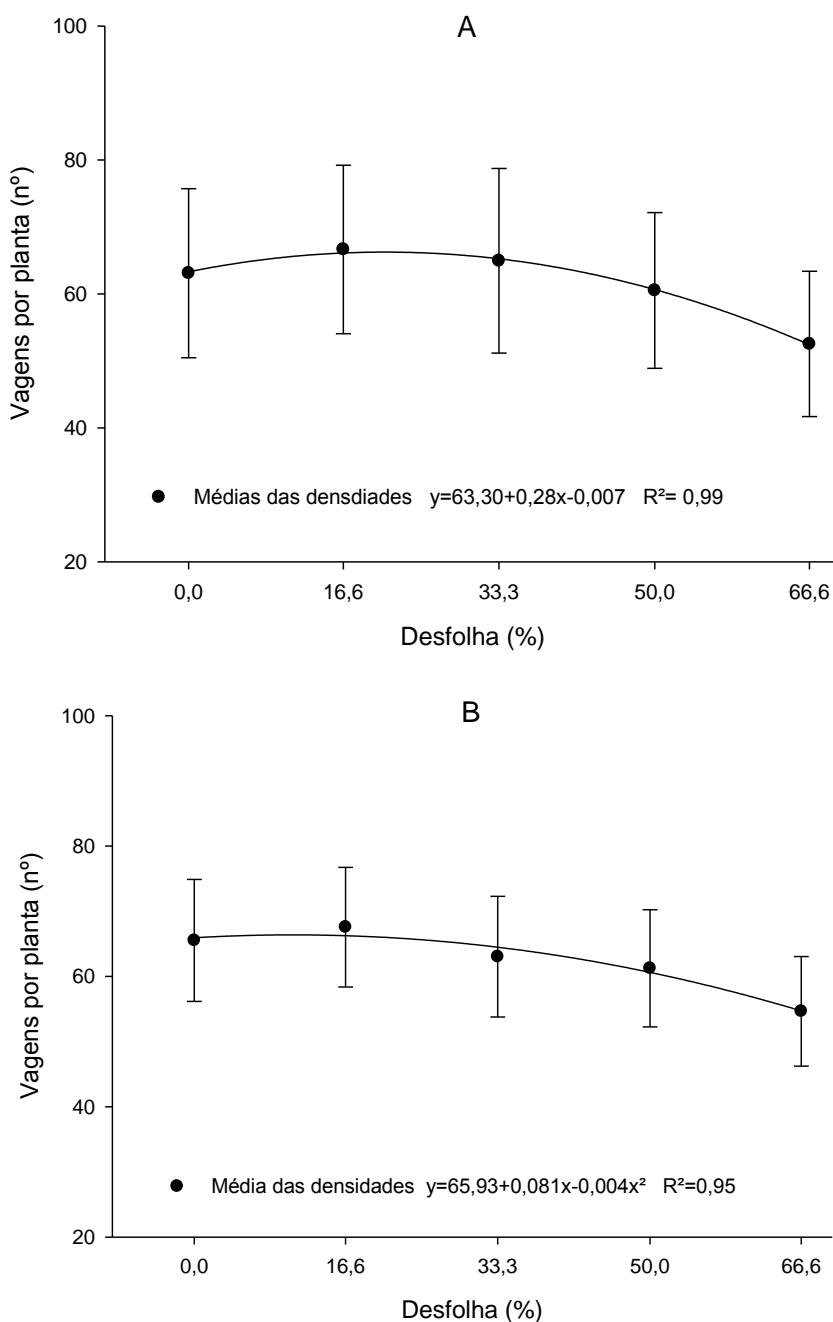
Analisando-se o efeito da desfolha sobre o número de vagens por planta, observou-se que tanto na primeira quanto na segunda safra houve um decréscimo quadrático de acordo com o aumento do nível de desfolha (Figura 14). Em 2016/2017 o decréscimo foi de 16,8%, comparando a testemunha ao nível de 66,6% de desfolha. Em 2017/2018 esta redução foi de 16,6%.

Monteiro et al., (2017) também verificaram resposta quadrática do número de vagens por planta, para diferentes níveis de desfolha. Em condições normais de desenvolvimento vegetal e com aumento da demanda de assimilados na formação de vagens, ocorrem picos de atividade fotossintética visando suprir a demanda (LOPES & LIMA, 2015). Dessa forma, a desfolha no estágio R3 pode resultar na redução do número de vagens, devido ao abortamento destas estruturas pela falta de



fotoassimilados (SCHIMILDT et al. 2010). No presente estudo, este comportamento ficou mais evidente quando pelo menos 50% da área foliar da cultura foi removida no início da formação das vagens.

Figura 14 - Número de vagens por planta da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O número de grãos por vagem oscilou entre 2,51 e 2,76 (Tabela 13). Ele não apresentou diferença entre densidades populacionais e não sofreu influência dos níveis de desfolha, tanto na primeira quanto na segunda safra de avaliação (Apêndice 6). Este comportamento corrobora as observações feitas por Balbinot Júnior et al. (2015), demonstrando que este componente de rendimento é pouco afetado pelo manejo da cultura e por alterações de área foliar dele decorrentes. Segundo Mundstock & Thomas (2005), o número de grãos por vagem é o componente do rendimento que apresenta menor variação na cultura da soja, independente da situação de cultivo.

Tabela 13 - Número de grãos por vagem da soja em três densidades, na média cinco níveis de desfolha em R3, Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018

Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV%
100.000	300.000	500.000	
<u>Grãos por vagem (nº) em 2016/2017</u>			
2,72 ns	2,70	2,68	2,86
<u>Grãos por vagem (nº) em 2017/2018</u>			
2,55 ns	2,57	2,58	5,33

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### 3.3.4 Características morfológicas

O comprimento da haste principal foi afetado pelos efeitos da densidade de plantas e dos níveis de desfolha, nos dois anos agrícolas (Apêndice 7). Os tratamentos com densidades de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentaram menor comprimento da haste principal que os tratamentos das demais densidades, nas duas safras. Já a média dos tratamentos com densidades de 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e 500.000 pl ha<sup>-1</sup> não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2010) e Cruz et al. (2016). Segundo Muad et al. (2010), isto ocorre porque o aumento da densidade populacional fomenta a competição intraespecífica por água, nutrientes e principalmente por radiação solar, resultando no estiolamento de plantas e em maior estatura.

Tabela 14 - Comprimento da haste principal da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV %
100.000	300.000	500.000	
<u>Comp. haste principal (cm) em 2016/2017</u>			
83,5 b	93,6 a	101,8 a*	9,34
<u>Comp. Haste principal (cm) em 2017/2018</u>			
96,4 b	105,2 a	108,5 a	7,63

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

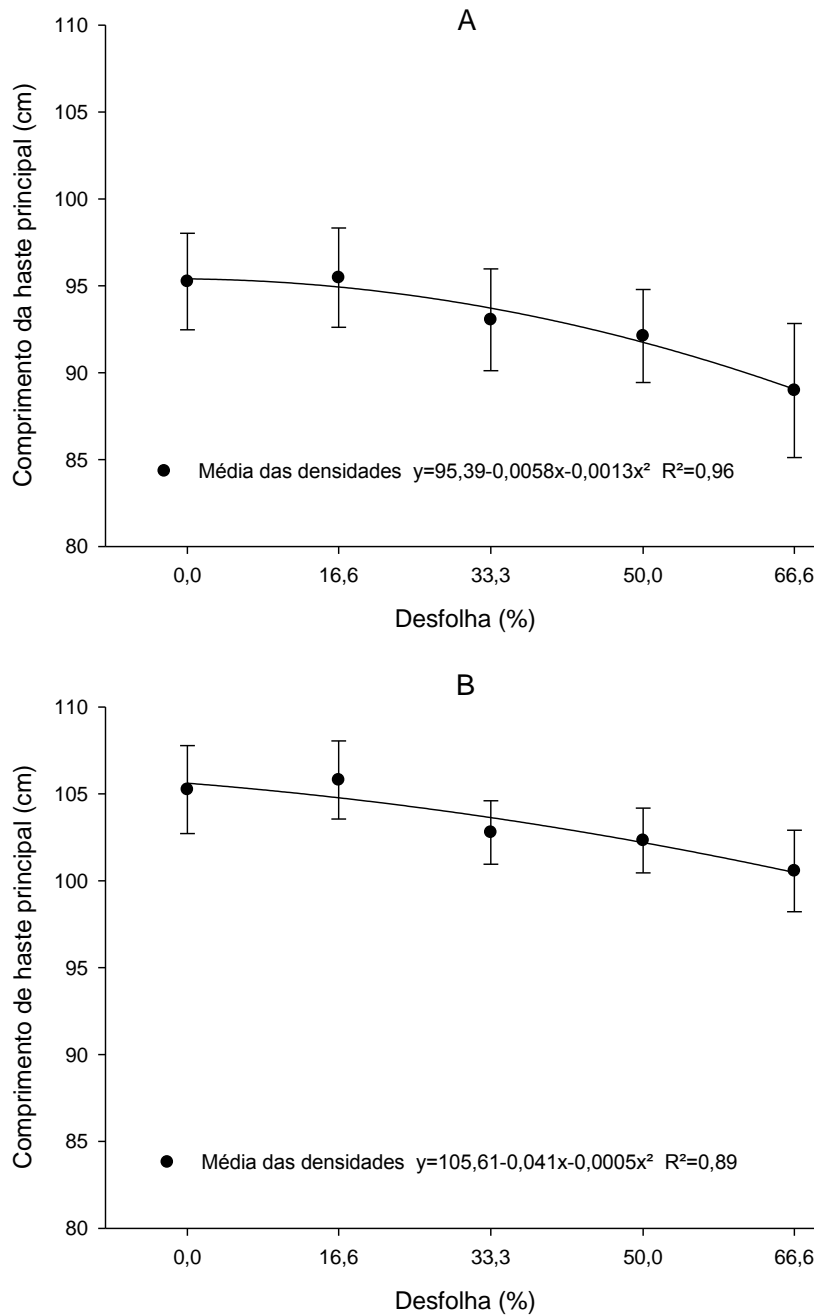
Comparando os diferentes níveis de desfolha, o comprimento da haste principal decresceu de maneira quadrática conforme o aumento do nível da desfolha (Figura 15). Esse decréscimo foi de 6,6% na primeira safra e 4,5% na segunda safra, comparando a média dos tratamentos sem desfolha, com a média dos tratamentos com 66,6% de desfolha. Isto demonstra que a remoção de uma grande quantidade de folhas no início da formação das vagens ainda pode limitar o crescimento da planta em estatura para cultivares com hábito indeterminado, como a NA 5909.

O resultado do presente trabalho confirma os dados obtidos por Diogo et al. (1997), Peluzio et al. (2004), Bueno et al. (2010), Moscardi et al. (2012) e Santos et al. (2018) que observaram decréscimo do comprimento de haste principal conforme houve aumento da percentagem de desfolha realizada na fase reprodutiva.

Neumaier et al. (2000) e Peluzio et al. (2004) explicam que essa redução na estatura está vinculada à dependência da planta dos fotoassimilados que são produzidos pelas folhas completamente expandidas. As folhas fonte (mais velhas) recebem a desfolha e conseqüentemente não apresentam eficiência fotossintética para suprir as demandas da planta, que está vegetando e produzindo suas estruturas reprodutivas nos momentos posteriores à desfolha (R3).

Já Zuffo et al. (2015) e Bahry et al. (2013) não observaram diferença significativa do comprimento de haste principal em plantas de soja submetidas e diferentes níveis de desfolha na fase reprodutiva. É provável que os resultados contrastantes encontrados na literatura se devam as diferenças no hábito de crescimento das cultivares avaliadas nos diferentes trabalhos.

Figura 15 - Comprimento da haste principal da soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O número de nós da haste principal foi afetado pelo efeito principal da densidade populacional e não sofreu influência dos níveis de desfolha na primeira safra (Apêndice 7). Já na segunda safra, esta variável não foi afetada pelos dois fatores estudados no trabalho.

Em 2016/2017, houve maior número de nós no caule na densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> do que nas demais densidades, mesmo tendo as plantas menor estatura.

Essa variável não foi afetada pelos diferentes níveis de desfolha nos dois anos agrícolas, mostrando que mesmo os maiores níveis de injúria no estágio R3 não comprometem a emissão de nós na cultura da soja. Com base nisto, pode-se afirmar que a menor estatura de plantas constatada com maiores níveis de desfolha (Figura 15) é resultado da menor distância dos entrenós na haste principal da cultura, não sendo influenciada pelo número de nós.

Tabela 15 - Número de nós da haste principal da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.

Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV %
100.000	300.000	500.000	
<u>Nós da haste principal (nº) em 2016/2017</u>			
17,5 a*	15,7 b	14,3 b	8,64
<u>Nós da haste principal (nº) em 2017/2018</u>			
19,7 ns	18,1	18,7	9,74

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A densidade de plantas afetou de forma significativa o número de ramos produtivos por planta (Apêndice 7). Ele variou de 1,9 a 7,8, dependendo da densidade e do nível de desfolha. Nos dois anos agrícolas houve diferença estatística entre as três densidades estudadas. A densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentou maior número de ramos, seguida da densidade de 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e posteriormente a densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup>

Quando ocorre maior competição entre as plantas, há menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo na forma de ramificações, pois estes são destinados preferencialmente para o crescimento da haste principal (MARTINS et al., 1999; MAUAD et al., 2009).

Os níveis de desfolha não afetaram o número de ramos produtivos da cultura. Isso provavelmente ocorreu porque a desfolha foi imposta no início da formação das vagens (R3), momento em que o número de ramos produtivos na cultura já está definido, sofrendo pouca interferência da área foliar da cultura nas fases subseqüentes. Santos et al. (2018) também não verificaram diferença significativa

do número de ramos produtivos ao submeter a soja a diferentes níveis de desfolha durante a fase reprodutiva da cultura.

Tabela 16 - Número de ramos produtivos da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.

Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV %
100.000	300.000	500.000	
<u>Ramos produtivos (nº) em 2016/2017</u>			
7,5 a*	3,9 b	2,1 c	20,20
<u>Ramos produtivos (nº) em 2017/2018</u>			
7,5 a	5,3 b	3,3 c	31,66

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A densidade populacional afetou significativamente o diâmetro da haste principal em ambas as safras (Apêndice 8). Em 2016/2017 as três densidades diferiram entre si, enquanto que em 2017/2018 houve diferença apenas entre a densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> e a densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup> (Tabela 16). A densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentou o diâmetro do caule 27% e 15% maior que a densidade de 300.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 40% e 21% maior que a densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup>, na primeira e segunda safra, respectivamente.

O diâmetro da haste principal não foi afetado pelos níveis de desfolha nas duas safras, corroborando com o resultado obtido por Bahry et al. (2013) que não observaram efeito significativo da redução de área foliar sobre esta variável.

Tabela 17 - Diâmetro da haste principal da soja em três densidades, na média dos cinco níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.

Densidade (pl ha <sup>-1</sup> )			CV %
100.000	300.000	500.000	
<u>Diâmetro da haste principal (mm) em 2016/2017</u>			
11,0 a*	8,0 b	6,6 c	10,56
<u>Diâmetro da haste principal (mm) em 2017/2018</u>			
12,4 a	10,5 ab	9,8 b	18,67

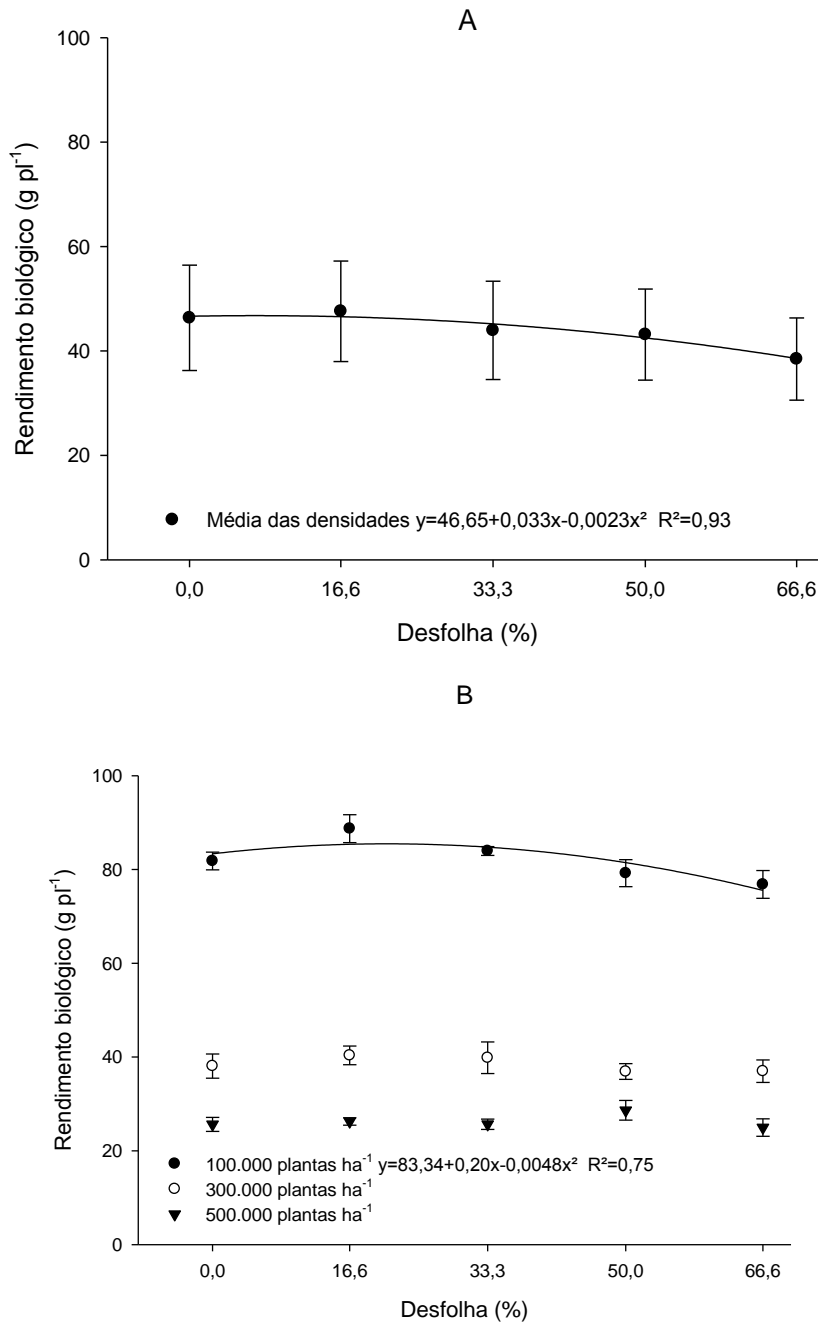
\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O rendimento biológico foi afetado pelos efeitos principais das densidades e níveis de desfolha em 2016/2017 (Apêndice 8). Na primeira safra, as três densidades

apresentaram comportamento similar, onde o maior rendimento biológico foi observado nos tratamentos com 16,6% de desfolha, com um decréscimo de ordem quadrática a partir dos maiores níveis de desfolha (Figura 16A).

Figura 16 - Rendimento biológico da soja em três densidades sob diferentes níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na segunda safra, as densidades evidenciaram um comportamento distinto quando submetidas às diferentes percentagens de desfolha (Figura 16B). A densidade com 100.000 pl ha<sup>-1</sup> apresentou maior rendimento biológico na média dos tratamentos com 16,6% de desfolha, decrescendo de forma quadrática conforme o aumento do nível de injúria. Para as densidades de 300.000 pl ha<sup>-1</sup> e 500.000 pl ha<sup>-1</sup>, a desfolha não afetou de forma significativa o rendimento biológico.

Nos dois anos agrícolas, os maiores rendimentos biológicos foram registrados na densidade de 100.000 pl ha<sup>-1</sup> e os menores na densidade de 500.000 pl ha<sup>-1</sup>. Quando submetida a densidade sub-ótimas, a soja ramificou mais e produziu maior número de vagens por planta, o que contribuiu para o incremento na sua produção de fitomassa total.

Islam (2014) verificou queda do rendimento biológico da soja à medida que aumentou a percentagem de desfolha. Estresses ou injúrias causadas por agentes desfolhadores podem influenciar tanto a taxa como a duração do tempo de acúmulo de matéria seca na planta (TAIZ & ZEIGER, 2013). O desfolhamento afeta o acúmulo de massa seca da soja primeiramente por reduzir a área foliar efetiva para interceptação de radiação solar e fixação de carbono, resultando em menor rendimento biológico pela diminuição da fonte.

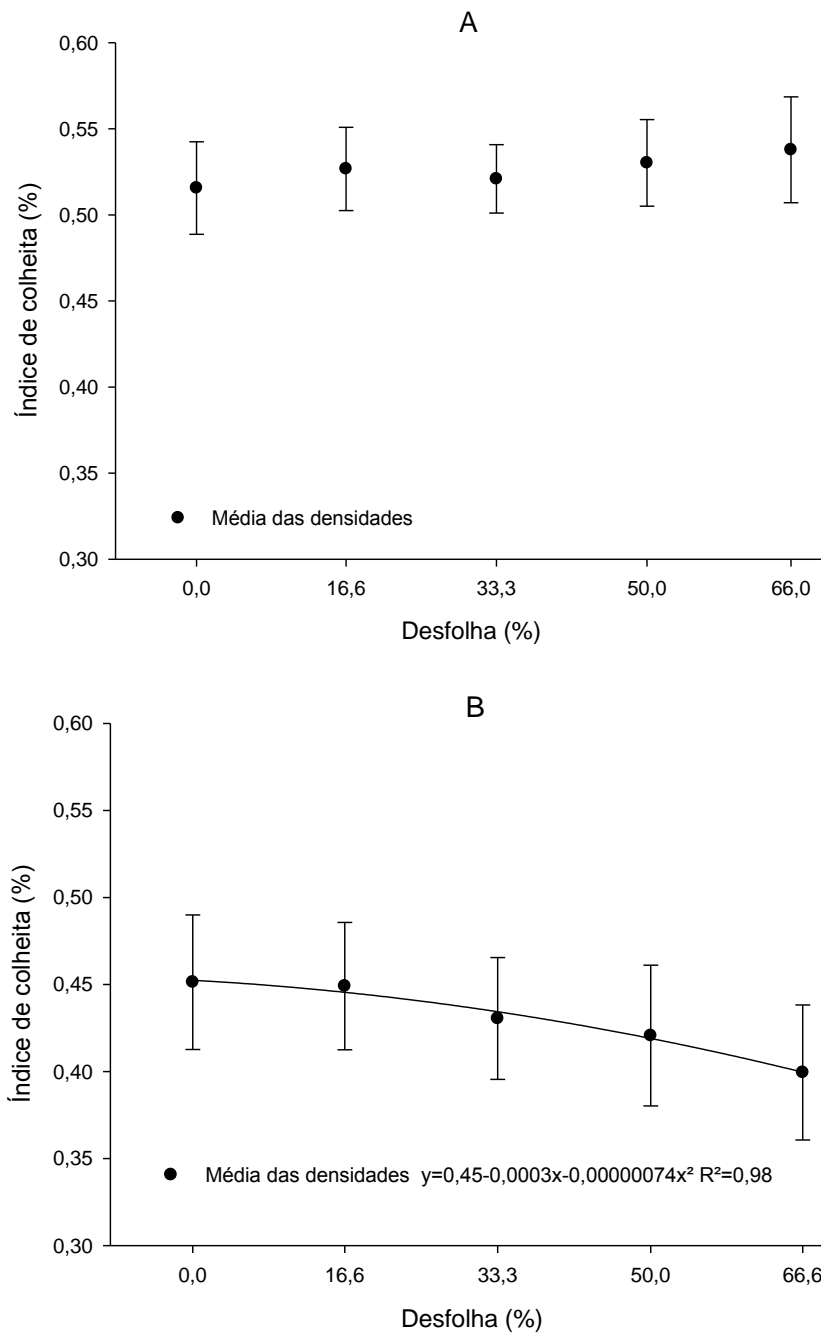
O índice de colheita não foi afetado pelos diferentes níveis de desfolha na primeira safra (Figura 17A). Resultado semelhante foi encontrado por Bahry et al. (2013), que não detectaram efeito significativo na eficiência da soja em concentrar fitomassa nos grãos ao submetê-la a diferentes níveis de desfolhamento.

Na segunda safra, essa variável decresceu de forma quadrática com o aumento dos níveis de desfolha (Figura 17B). Esse decréscimo foi na ordem de 13,3%, comparando a média dos tratamentos sem desfolha com os tratamentos com 66,6% de desfolha. Board et al. (2010) e Zuffo et al. (2015) observaram diferença significativa na variável, havendo decréscimo do índice de colheita conforme aumento do nível de desfolha. O índice de colheita expressa a eficiência da cultura na conversão de biomassa da planta em produtividade de grãos (PETTER et al., 2012).

No segundo ano agrícola, houve menor habilidade da cultura em transformar biomassa vegetal em grãos conforme aumento dos níveis de desfolha. Esse fato se deve possivelmente à menor disponibilidade hídrica após a imposição da desfolha na segunda safra, onde a cultura não compensou esses dois estresses, acarretando assim na influência dos níveis de desfolha no índice de colheita.



Figura 17 - Índice de colheita de soja sob diferentes níveis de desfolha em R3, na média de três densidades de plantas. Campos Novos, SC, 2016/2017 (A) e 2017/2018 (B). As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### 3.4 CONCLUSÕES

A densidade de plantas não influencia a resposta do rendimento de grãos da cultivar NA 5909 à desfolha realizada no início da formação das vagens.

Defolhas de 16,6% incrementam o rendimento de grãos da cultivar NA 5909 em relação a testemunha

A cultivar NA 5909 tolera desfolhas de até 33,3% em R3 sem decrescer significativamente o seu rendimento de grãos, independentemente da densidade de plantas.

#### 4 TOLERÂNCIA À DESFOLHA NA FASE VEGETATIVA EM CULTIVARES DE SOJA UTILIZADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS NO BRASIL

##### RESUMO

O desenvolvimento de novas cultivares através do melhoramento genético e a mudança nas práticas de manejo aumentaram o rendimento de grãos da soja. Entretanto, as cultivares utilizadas atualmente podem ser menos tolerantes à desfolha do que as cultivares lançadas no século passado. Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de desfolha sobre o desempenho agrônomo de cultivares de soja liberadas comercialmente para cultivo nos últimos 50 anos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no município de Lages, SC, durante o ano agrícola 2017/2018. Seis cultivares foram avaliadas: Davis, Paraná, BR-16, FT Abyara, BRS 232 e NS 6535 Ipro, liberadas comercialmente para cultivo em 1968, 1974, 1985, 1991, 2003 e 2015, respectivamente. Cada cultivar foi submetida a cinco níveis de desfolha no estágio V6: 0%, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6%. Avaliou-se o rendimento de grãos, o rendimento biológico e o índice de colheita. A cultivar contemporânea NS 6535 Ipro apresentou maior decréscimo no rendimento de grãos (53,1%), rendimento biológico (45,3%), índice de colheita (20,9%) quando submetida à desfolha em V6 que as demais cultivares. As cultivares antigas foram mais tolerantes à desfolha que a cultivar moderna.

Palavras-chave: *Glycine max*, Área foliar, Melhoramento genético, Produtividade.

##### ABSTRACT

The development of new soybean cultivars by plant breeding and the change in management practices increased soybean grain yield. However, modern soybean cultivars may be less tolerant to defoliation than cultivars grown in the last century. This work was conducted with the objective of evaluating the effect of different defoliation levels on the agronomic performance of soybean cultivars commercially released in the last 50 years. A greenhouse experiment was set in Lages, SC, during the growing season of 2017/2018. Six cultivars were evaluated: Davis, Paraná, BR-16, FT Abyara, BRS 232 and NS 6535, commercially released in 1968, 1974, 1985, 1991, 2003 and 2015, respectively. Each cultivar was submitted to five defoliation levels at V6: 0%, 16.6%, 33.3%, 50% and 66.6%. Grain yield, biological yield and harvest index

were determined. The modern cultivar NS 6535 Ipro presented a larger decrease in grain yield (53.1%), biological yield (45.3) and harvest index (20.9%) when submitted to increasing defoliation levels in V6 than the cultivars used in the past. The old cultivars were more tolerant to defoliation than the modern cultivar at the crop vegetative stage.

Keywords: *glycine max*, Leaf area, genetical improvement, Productivity.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O rendimento de grãos da cultura da soja sofreu grande evolução ao longo dos anos, aumentando gradativamente de 1.748 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 1976/1977, para 3.394 kg ha<sup>-1</sup>, na safra 2017/2018. (CONAB, 2019). Esse aumento foi atribuído principalmente ao melhoramento genético e a melhoria nas práticas de manejo (WILSON et al., 2014; SUHRE et al., 2014; WANG et al., 2016)

Os programas de melhoramento buscaram desenvolver nos últimos 50 anos genótipos mais eficientes no aproveitamento de recursos e mais produtivos. Conseqüentemente, as características morfológicas e fisiológicas das plantas também sofreram alterações. Entre as mudanças ocorridas pode-se destacar a área foliar, que diminuiu de acordo com a ênfase à precocidade promovida pelo melhoramento genético da cultura. Por outro lado, trabalhos conduzidos no hemisfério norte por Morrison et al. (1999), Jian et al. (2010) e Liu et al. (2012) demonstraram que houve aumento na taxa fotossintética e estomática por área foliar.

A maior precocidade, a menor área foliar e o maior potencial produtivo das cultivares contemporâneas de soja trouxeram questionamentos sobre a adequação dos níveis de dano econômico propostos para as pragas desfolhadoras da soja no Brasil. Elas também geraram dúvidas sobre se esse descompasso está contribuindo para que o manejo integrado de pragas não seja adotado na cultura (BUENO et al., 2010).

É possível que as cultivares utilizadas atualmente sejam menos tolerantes à desfolha do que aquelas empregadas no século passado. Contudo, não foram encontrados na literatura registros de trabalhos científicos comparando os efeitos da desfolha em cultivares antigas e modernas de soja que forneçam subsídios a esta hipótese. Considerando esta lacuna do conhecimento, conduziu-se um trabalho com

o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de desfolha na fase vegetativa sobre o desempenho agrônômico de cultivares de soja liberadas comercialmente para cultivo nos últimos 50 anos.

#### 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2017/2018, no município de Lages, SC, cujas coordenadas geográficas são 27° 52' de latitude sul e 50° 18' de longitude oeste. O ensaio foi implantado em casa de vegetação. Foram avaliadas seis cultivares de soja: Davis, Paraná, Br 16, FT Abyara, BRS 232 e NS 6535 Ipro. Escolheu-se uma cultivar por década, tendo como critério de seleção a cultivar de maior importância em termos de área cultivada no período. Na tabela xx estão contidas maiores informações referentes às cultivares.

Tabela 18 - Informações das cultivares usadas no experimento. Lages, SC, 2017/2018.

Cultivar	Ano de Lançamento	GM	Háb. Crescimento	População Recomendada	Tecnologia
Davis	1968	7.0	Determinado	400 mil ha <sup>-1</sup>	Convencional
Paraná	1974	6.5	Determinado	400 mil ha <sup>-1</sup>	Convencional
BR-16	1985	6.5	Determinado	400 mil ha <sup>-1</sup>	Convencional
FT Abyara	1991	8.0	Determinado	400 mil ha <sup>-1</sup>	Convencional
BRS 232	2003	6.9	Determinado	300 mil ha <sup>-1</sup>	Convencional
NS 6535	2015	6.5	Indeterminado	220 a 280 mil ha <sup>-1</sup>	Ipro

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições por tratamento. Foi utilizado um arranjo fatorial (6x5) de distribuição dos tratamentos, onde cada cultivar foi submetida a cinco níveis de desfolha, equivalentes a 0%, 16,6%, 33,3%, 50% e 66,6% da área foliar apresentada pela cultura no momento de remoção das folhas. O nível 0% equivaleu a testemunha, 16,6% ao nível de dano econômico (NDE) proposto atualmente para o estágio reprodutivo, 33,3% ao NDE proposto para o estágio vegetativo, 50% e 66,6% a valores acima do NDE em qualquer período de desenvolvimento da cultura. O experimento totalizou 90 unidades experimentais, representadas por vasos de PVC com 5 litros de capacidade. A desfolha foi imposta no estágio V6 (seis nós do caule principal com folha desenvolvida), de acordo com a escala fenológica proposta por Ritchie et al. (1982). A desfolha foi realizada com auxílio de uma tesoura, cortando as folhas longitudinalmente. A Figura 1 apresenta uma representação esquemática dos níveis de desfolha testados no trabalho.

A semeadura foi realizada no dia 01/11/2017, com cinco sementes por vaso. Cada vaso foi preenchido com um Nitossolo Vermelho distrófico previamente peneirado. A adubação usada foi de 2 g de superfosfato triplo e 2 g de cloreto de potássio por vaso, de acordo com o recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) para uma produtividade de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>. As sementes foram tratadas com Ciantraniliprole + Tiametoxam (Fortenza Duo®) na dose de 5 ml kg<sup>-1</sup> de semente. Elas foram inoculadas no dia da semeadura com o inoculante Masterfix Soja®, na dose de 3 ml kg<sup>-1</sup> de semente. Após a emergência foi realizado o desbaste, mantendo uma planta por vaso. O controle de pragas foi realizado com 0,5 ml L<sup>-1</sup> de lambda-cialotrina + clorantraniliprole (Ampligo®), 1,2 ml L<sup>-1</sup> de profenós + lufenuron (Curyom®) e 1 ml L<sup>-1</sup> de tiametoxam + lambda-cialotrina (Engeo Pleno®). O controle de doenças foi feito com 1 g L<sup>-1</sup> de azoxistrobina + benzovindiflupir (Elatus®) e 2,6 ml L<sup>-1</sup> de trifloxistrobina + prothioconazol (Fox®). Efetuou-se a aplicação preventiva dos inseticidas e dos fungicidas a partir do estágio V5, com aplicações sequenciais e intercaladas dos produtos a cada 14 dias, para impedir que pragas e doenças afetassem a área foliar da cultura. O controle de umidade nos vasos foi realizado efetuando irrigação diariamente, adicionando água até atingir a capacidade de campo do solo no vaso.

A área foliar foi determinada medindo o comprimento e a maior largura do folíolo central de cada trifólio da planta e aplicando a equação de Richter et al. (2014):  $AF = a \cdot (C \cdot L)$ , onde AF é a área da folha (m<sup>2</sup>), C é o comprimento da folha (m), L é a maior largura da folha (m), a é o coeficiente angular de 2,0185. A primeira avaliação de área foliar foi realizada no dia da imposição da desfolha. A segunda avaliação de área foliar foi efetuada no estágio R2 (florescimento pleno). A expansão foliar foi determinada pela diferença da área foliar entre os estádios V6 e R2.

A colheita foi realizada dia 09/04/2018. Após a colheita efetuou-se as seguintes avaliações: rendimento de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, massa de 1.000 grãos, comprimento da haste principal, número de nós da haste principal, número de ramos produtivos, diâmetro da haste principal, rendimento biológico e índice de colheita.

O rendimento biológico foi obtido somando a massa seca das hastes, das vagens e dos grãos de cada planta. O índice de colheita foi obtido dividindo o rendimento biológico pela massa de grãos de cada planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F. Os valores de F para os efeitos principais e as interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ). Quando alcançada a significância estatística no teste F, as médias do fator qualitativo (cultivar) foram comparadas pelo teste t e do fator quantitativo (níveis de desfolha) por regressão polinomial. Ambas as comparações foram feitas ao nível de significância de 5% .

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Área foliar e expansão foliar

A área foliar no estágio V6, antes da imposição da desfolha, diferiu entre as cultivares avaliadas no trabalho (Tabela 18). As cultivares Davis e Paraná apresentaram maior área foliar que a cultivar FT Abyara. As demais cultivares não apresentaram diferença significativa nesta variável.

Tabela 19 - Área foliar de cultivares de soja em V6 antes da desfolha e em R2, na média de cinco níveis de desfolha. Lages, SC, 2017/2018.

Cultivar	Área Foliar em V6 (m <sup>2</sup> ) (anterior á desfolha)	Área Foliar em R2 (m <sup>2</sup> )
Davis	0,078 a	0,36 a
Paraná	0,077 a	0,33 b
BR-16	0,068 ab	0,34 b
FT Abyara	0,061 b	0,33 b
BRS 232	0,072 ab	0,30 c
NS 6535 Ipro	0,073 ab	0,32 b
CV (%)	28,82	8,00

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

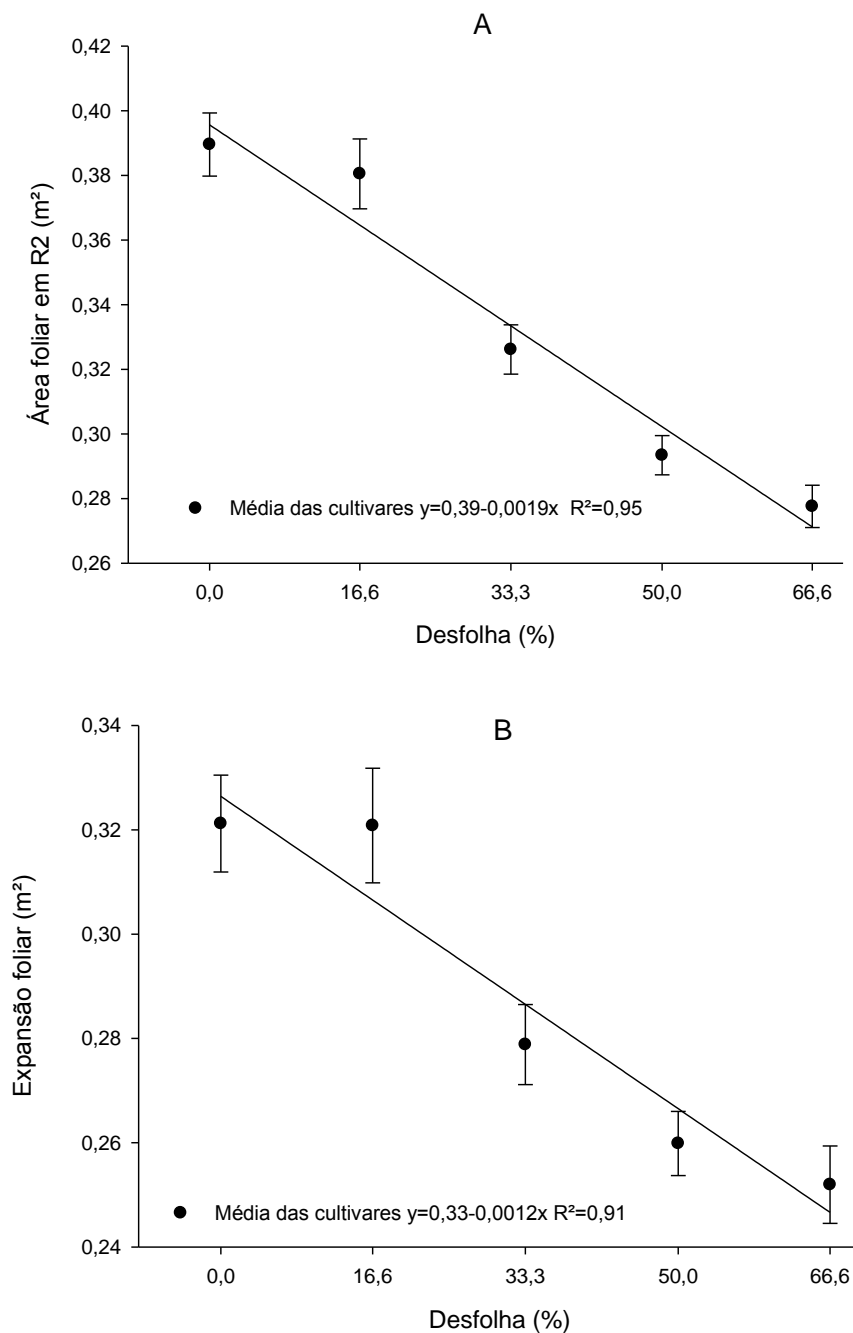
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A área foliar em R2 também apresentou diferenças significativas entre as cultivares. A cultivar com maior valor de área foliar foi a Davis, seguida das cultivares Paraná, BR-16, FT Abyara e NS 6535 Ipro que apresentaram valores semelhantes entre si. A cultivar BRS 232 apresentou o menor valor de área foliar em R2, na média dos cinco níveis de desfolha.

A área foliar no estágio R2 e a expansão foliar da soja entre os estádios V6 e R2 foram afetadas pelo efeito principal dos níveis de desfolha (Apêndice 9). Para as

duas variáveis houve uma redução linear em função do aumento da percentagem de área foliar removida (Figura 18). No caso da área foliar, este decréscimo foi de 190 cm<sup>2</sup> para cada 10% de desfolha em V6, na média das seis cultivares. Para a expansão foliar, observou-se uma queda média de 19%, comparando a testemunha sem desfolha com os tratamentos com 66,6% de desfolha.

Figura 18 - Área foliar em R2 (A) e expansão foliar entre V6 e R2 (B) de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.





Isso mostra que houve menor capacidade de expansão foliar da planta ao ser submetida a maiores níveis de injúria no estágio V6. Este resultado difere dos encontrados por Haile et al. (1998), Fontoura et al. (2006) e Souza et al. (2014), que observaram recuperação da área foliar por meio da expansão foliar, nos tratamentos submetidos à maiores níveis de injúria, tendo a planta capacidade de mitigar as maiores percentagens de desfolhamento. Gazzoni & Moscardi (1998) relataram que a planta necessita desencadear mecanismos bioquímicos a fim de recuperar e compensar a área foliar perdida. Este processo depende das reservas de fotoassimilados presentes nas folhas. Portanto, quanto menor a área foliar presente na planta, mais restrita é sua capacidade de recuperação e emissão de área foliar após a injúria. No presente estudo, a desfolha foi efetuada num estágio onde a planta possuía pouca área foliar (V6). Isto possivelmente comprometeu a emissão de novas folhas no período compreendido entre V6 a R2, fazendo com que a área foliar decrescesse linearmente conforme o aumento do nível de desfolha.

#### **4.3.2 Rendimento de grãos e componentes**

O rendimento de grãos por planta foi influenciado pelos efeitos principais de cultivar, níveis de desfolha e pela interação entre os dois fatores (Apêndice 10).

A cultivar Davis apresentou decréscimo linear no rendimento de grãos de acordo com a maior percentagem de desfolha (Figura 19A). Esta redução foi de 1,1g para cada 10% de área foliar removida em V6. O declínio no rendimento de grãos por planta comparando os tratamentos com 0% de desfolha aos com 66,6% foi de 21,9%.

As cultivares Paraná e BR-16 também apresentaram decréscimo linear de rendimento conforme aumentou o nível de desfolha, com uma redução de 0,7g para cada 10% de área foliar removida em ambas cultivares (Figura 19 B, C). Para a cultivar Paraná, o decréscimo no rendimento de grãos comparando a média dos tratamentos sem desfolha aos tratamentos com 66,6% de desfolha foi de 11,8%, enquanto para a cultivar BR-16 a redução foi de 16,6%. Gazzoni & Moscardi (1998) observaram decréscimo no rendimento de grãos da cultivar Paraná somente quando aplicaram níveis acima de 66% de desfolha na fase vegetativa. Ribeiro & Costa (2000) observaram decréscimo de 8% no rendimento de grãos ao aplicar 67% de desfolha na cultivar BR-16.

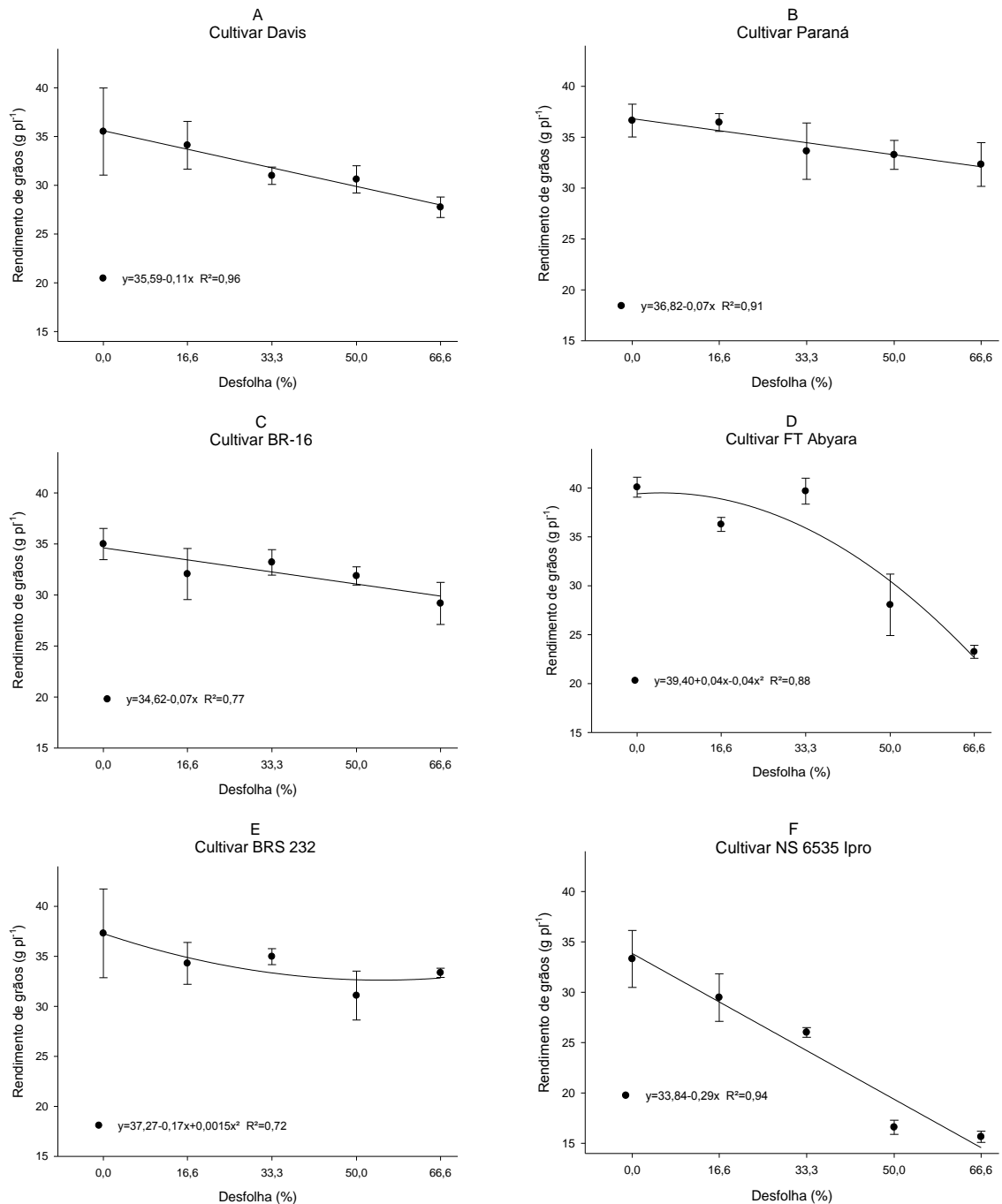
A cultivar FT Abyara decresceu o rendimento de grãos de forma quadrática a partir de 33,3% de desfolha, mantendo sua produção estável até a remoção de 1/3 de sua área foliar (Figura 19D). Comparando a média dos tratamentos com 33,3% de desfolha aos tratamentos com 66,6%, a queda no rendimento de grãos foi de 41,4%. Reichert & Costa (2003) também não verificaram decréscimo no rendimento de grãos com desfolhas de até 33% na fase vegetativa desta cultivar soja.

A cultivar BRS 232 apresentou decréscimo quadrático do rendimento de grãos por planta conforme aumentou as percentagens de desfolha (Figura 19E). Houve queda de 10,6% na variável, comparando a média dos tratamentos com 0% desfolha aos tratamentos com 66,6%. Portanto, esta foi a cultivar que apresentou menor decréscimo no rendimento de grãos por planta com o incremento na percentagem de desfolha. Bahry et al. (2013) e Souza et al. (2013) não verificaram prejuízo no rendimento de grãos ao impor diferentes níveis de desfolha na fase vegetativa da soja, avaliando cultivares lançadas no mercado antes da década de 2000.

A cultivar NS 6536 Ipro decresceu de forma linear seu rendimento de grãos à medida que aumentou o nível de desfolha. Essa redução foi de 2,9 g para cada 10% de área foliar removida no estágio V6. O decréscimo no rendimento de grãos comparando a média dos tratamentos sem desfolha ao tratamento com 66,6% foi de 53%.

Os dados da Figura 19 mostram que as cinco cultivares mais antigas lançadas no século XX foram mais tolerantes à desfolha aplicada no estágio V6 do que a cultivar NS 6535 Ipro, o genótipo estudado que foi lançado no mercado mais recentemente. Não houve efeito significativo da interação entre cultivar e nível de desfolha sobre a área foliar da cultura em R2 e a expansão foliar entre V6 e R2 (Apêndice 8). Todas as seis cultivares reduziram linearmente a área foliar na floração e a capacidade de expandir novas folhas após a defolha (Figura 18). No entanto, estes decréscimos reduziram mais o rendimento de grãos da cultivar NS 6535 Ipro. É possível que isto se deva a maior eficiência fotossintética desta cultivar, em relação às demais. Jin et al (2010), analisando cultivares de soja desenvolvidas por um período de 56 anos na China, observaram um incremento de 0,59% ao ano na taxa fotossintética da planta. Esse resultado vai ao encontro do relato de Bueno et al. (2013). Estes autores sugerem que as cultivares contemporâneas de soja são mais sensíveis à desfolha devido a menor área foliar e a maior eficiência fotossintética.

Figura 19 – Rendimento de grãos por planta de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O número de vagens por planta foi influenciado pelos efeitos principais das cultivares, dos níveis de desfolha e pela interação entre os dois fatores (Apêndice 10).

Nas cultivares Paraná e BRS 232, o número de vagens por planta não variou significativamente em função dos níveis de desfolha (Figura 20 B, E). Isso demonstra

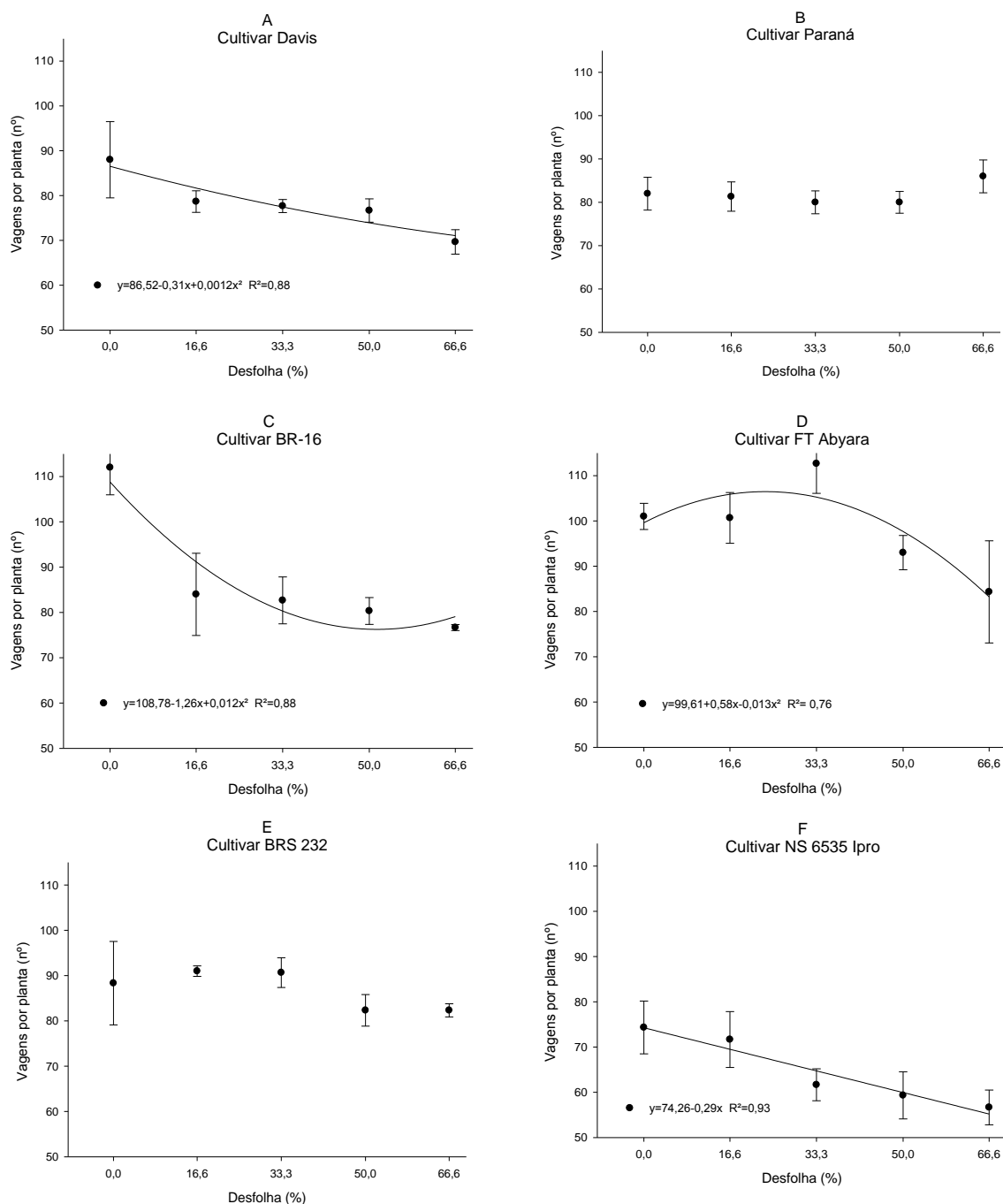
maior estabilidade dessas cultivares, que ao sofrerem injúria no estágio V6 não decresceram o número de vagens produzidos por planta. Este resultado corrobora o comportamento reportado por Gazzoni & Moscardi (1998), que somente verificaram decréscimo do número de vagens por planta da cultivar Paraná a partir de 66% de perda de área foliar na fase vegetativa.

As cultivares BR-16 e FT Abyara apresentaram comportamento quadrático para a variável vagens por planta ao serem submetidas aos níveis de desfolha (Figura 20 C,D). Na cultivar BR-16 o decréscimo foi de ordem quadrática, sendo pouco influenciada a partir de 16,6% de desfolha. A redução foi de 32,1% comparando a média dos tratamentos sem desfolha aos tratamentos com 66,6%. Resultado semelhante foi obtido por Ribeiro & Costa (2000), que observaram redução de 34% ao impor no estágio R3 66% de desfolha na cultivar BR-16. Na cultivar FT Abyara, o maior número de vagens por planta foi obtido na média dos tratamentos com 33,3% de desfolha, decrescendo a partir das maiores percentagens de desfolhamento. A redução foi de 16,8% comparando a média dos tratamentos com 33,3% de desfolha, aos tratamentos com 66,6%.

A cultivar NS 6535 Ipro apresentou queda linear do número de vagens por planta conforme aumento dos níveis de desfolha (Figura 20F). Essa redução foi de 23,8%, comparando os tratamentos com 0% de desfolha aos tratamentos com 66,6%. A redução do número de vagens por planta contribuiu para o maior decréscimo no rendimento de grãos da NS 6535 com o incremento na percentagem de desfolha (Figura 19F).

A redução do número de vagens por planta se deve ao abortamento destas estruturas pela falta de assimilados (SCHMILDT et al., 2010). A planta aborta parte das vagens e mantém as que possui capacidade de translocar fotoassimilados das folhas remanescentes (SILVA et al., 2015). Neste trabalho, quanto maior o nível de desfolha, menor foi a expansão foliar das plantas entre os estágios V6 e R2 (Figura 18b). Com isso, plantas submetidas aos maiores níveis de desfolha em V6 apresentaram menor área foliar, conseqüentemente menor capacidade de produção de fotoassimilados no período V6-R2, contribuindo para o abortamento e presença de menor número de vagens.

Figura 20 - Número de vagens por planta de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A massa de 1.000 grãos foi afetada pelo efeito principal das diferentes cultivares e pelos níveis de desfolha. (Apêndice 10). Em relação às diferentes cultivares, os valores médios variaram de 192,6 g para a cultivar BRS 232 a 139,3 g na cultivar FT Abyara (Tabela 19).

Analisando o efeito da desfolha, a massa de 1.000 grãos decresceu linearmente com o incremento na porcentagem de área foliar removida em V6 (Figura 21A). Considerando a média das seis cultivares, houve um decréscimo de 4,7 g para cada 10% de remoção da área foliar. A queda da massa de 1.000 grãos foi de 15,7% comparando a média dos tratamentos sem desfolha à média dos tratamentos com 66,6% de desfolha. Monteiro et al., (2017) observaram que houve decréscimo da massa de grãos somente com níveis de desfolha na fase vegetativa superiores a 25%.

Tabela 20 - Massa de 1.000 grãos e número de grãos por vagem de diferentes cultivares de soja na média de cinco níveis de defolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Cultivar	Massa de 1.000 grãos (g)	Grãos por vagem (nº)
Davis	167,4 bc	2,4 ab
Paraná	179,0 ab	2,4 b
BR-16	148,9 de	2,5 a
FT Abyara	139,3 e	2,4 ab
BRS 232	192,6 a	2,1 c
NS 6535 Ipro	156,4 cd	2,4 b
CV (%)	11,63	7,4

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

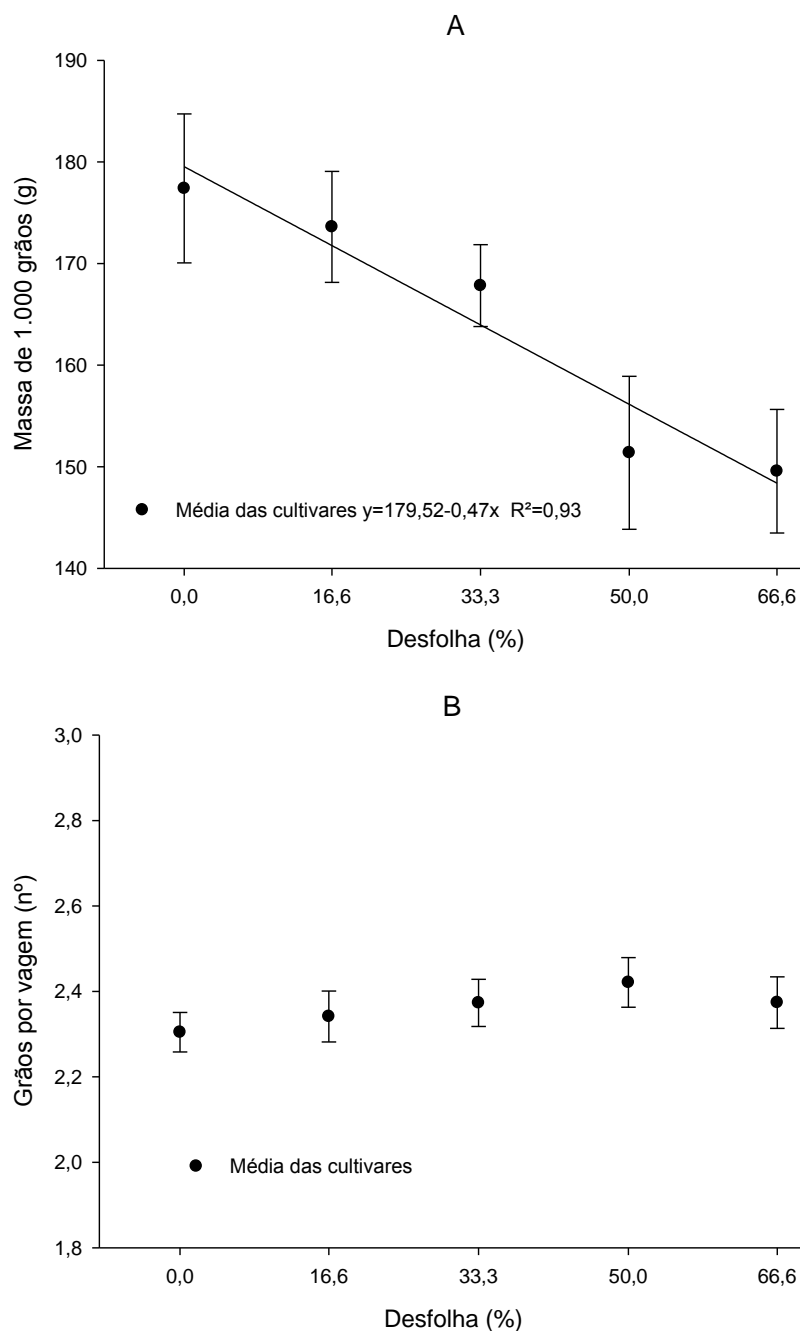
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

De acordo com Sedyama et al. (1985), a massa de grãos pode ser reduzida em virtude de a fotossíntese não ser suficiente para suprir a demanda de fotoassimilados para a planta realizar adequadamente o enchimento de grãos. Neste trabalho, observou-se que quanto maior o nível de desfolha menor foi a expansão foliar das plantas entre os estádios V6 e R2 (Figura 18). Com isso, as plantas submetidas aos maiores níveis de desfolha em V6 apresentaram menor área foliar. Conseqüentemente, elas tiveram menor capacidade de produção de fotoassimilados, contribuindo para o menor enchimento de grãos nos tratamentos com maiores níveis de desfolhamento.

O número de grãos por vagem foi de aproximadamente 2,4 na média dos tratamentos (Figura 21B) Ele foi influenciado pelas cultivares e não sofreu influência dos níveis de desfolha (Apêndice). Esta variável oscilou de 2,0 para a cultivar BRS 232 até 2,5 na cultivar BR-16. Esse resultado concorda com os obtidos por Diogo et al. (1997), Peluzio et al. (2004), Bahry et al. (2013) e Santos et al. (2018) que também não encontraram diferenças significativas neste componente quando trabalharam com

níveis de desfolha. Segundo Mundstock & Thomas (2005), o número de grãos por vagem é o componente do rendimento que apresenta menor variação na cultura da soja, independente da situação de cultivo.

Figura 21 – Massa de 1.000 grãos (A) e número de grãos por vagem (B) de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

### 4.3.3 Características morfológicas

O comprimento da haste principal variou de 53,1 cm a 68,6 e diferiu significativamente entre as cultivares avaliadas no trabalho (Tabela 20). Por outro lado, ele não variou estatisticamente em função dos níveis de desfolha (Apêndice 11).

A diferença no comprimento da haste principal entre as cultivares deve-se à variabilidade genética existente entre os genótipos usados. A cultivar BRS 232 apresentou maior comprimento da haste principal, enquanto as cultivares Davis, FT Abyara e NS 6535 Ipro apresentaram os menores valores. As cultivares desenvolvidas mais recentemente apresentam porte mais baixo e hábito de crescimento indeterminado (ZANON et al., 2015b). Esta tendência foi comprovada na cultivar NS 6535 Ipro.

O número de nós na haste principal variou de 14,7 a 16,7, apresentando diferença significativa entre as cultivares estudadas (Tabela 20). Assim como para o comprimento da haste principal, esta variável não foi influenciada pelos diferentes níveis de desfolha impostos em V6 (Apêndice 11).

As cultivares que apresentaram maior número de nós na haste principal foram a Davis e NS 6535 Ipro, enquanto que a cultivar BRS 232 mostrou o menor valor para a variável. Isto demonstra que houve uma relação inversa entre as variáveis, sendo as cultivares Davis e NS 6535 Ipro caracterizadas por nós numerosos e entrenós curtos e a cultivar BRS 232 por menor número de nós e entrenós longos.

Tabela 21. Comprimento e número de nós da haste principal de cultivares de soja, na média de cinco níveis desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Cultivar	Comprimento da haste principal (cm)	Nós da haste principal (nº)
Davis	57,3 cd	16,7 a
Paraná	67,6 ab	15,4 bc
BR-16	60,6 bc	15,5 bc
FT Abyara	53,1 d	16,0 ab
BRS 232	68,6 a	14,7 c
NS 6535 Ipro	56,1 cd	16,5 a
CV (%)	11,01	7,80

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.



O diâmetro da haste principal foi afetado pelos efeitos principais de cultivares e nível de desfolha (Apêndice 12). As cultivares Paraná, BRS 232 e NS 6535 Ipro apresentaram maior valor estatístico que as cultivares Davis, BR-16 e FT Abyara (Tabela 20). Os tratamentos com 0% de desfolha apresentaram maior diâmetro da haste principal (9,1) que os tratamentos com 66% de desfolha (8,2), na média das seis cultivares.

O número de ramos produtivos apresentou diferença significativa entre as cultivares avaliadas (Apêndice 11). As cultivares Davis, BR-16 e BRS 232 apresentaram maior valor que a cultivar Paraná, enquanto as demais não apresentaram diferença significativa (Tabela 10)

O número de ramos produtivos não sofreu influência dos diferentes níveis de injúria foliar impostos no trabalho. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Santos et al. (2018), que não observaram diferença na capacidade de ramificação da soja ao submetê-la a diferentes níveis de desfolha.

Tabela 22 - Diâmetro da haste principal e número de ramos produtivos por planta de cultivares de soja, na média de cinco níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Cultivar	Diâmetro da haste principal (mm)	Ramos Produtivos (nº)
Davis	8,1 b	7,9 a
Paraná	9,4 a	6,5 b
BR-16	8,3 b	7,8 a
FT Abyara	8,3 b	7,4 ab
BRS 232	9,0 a	7,9 a
NS 6535 Ipro	8,9 a	7,1 ab
CV (%)	8,86	16,24

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

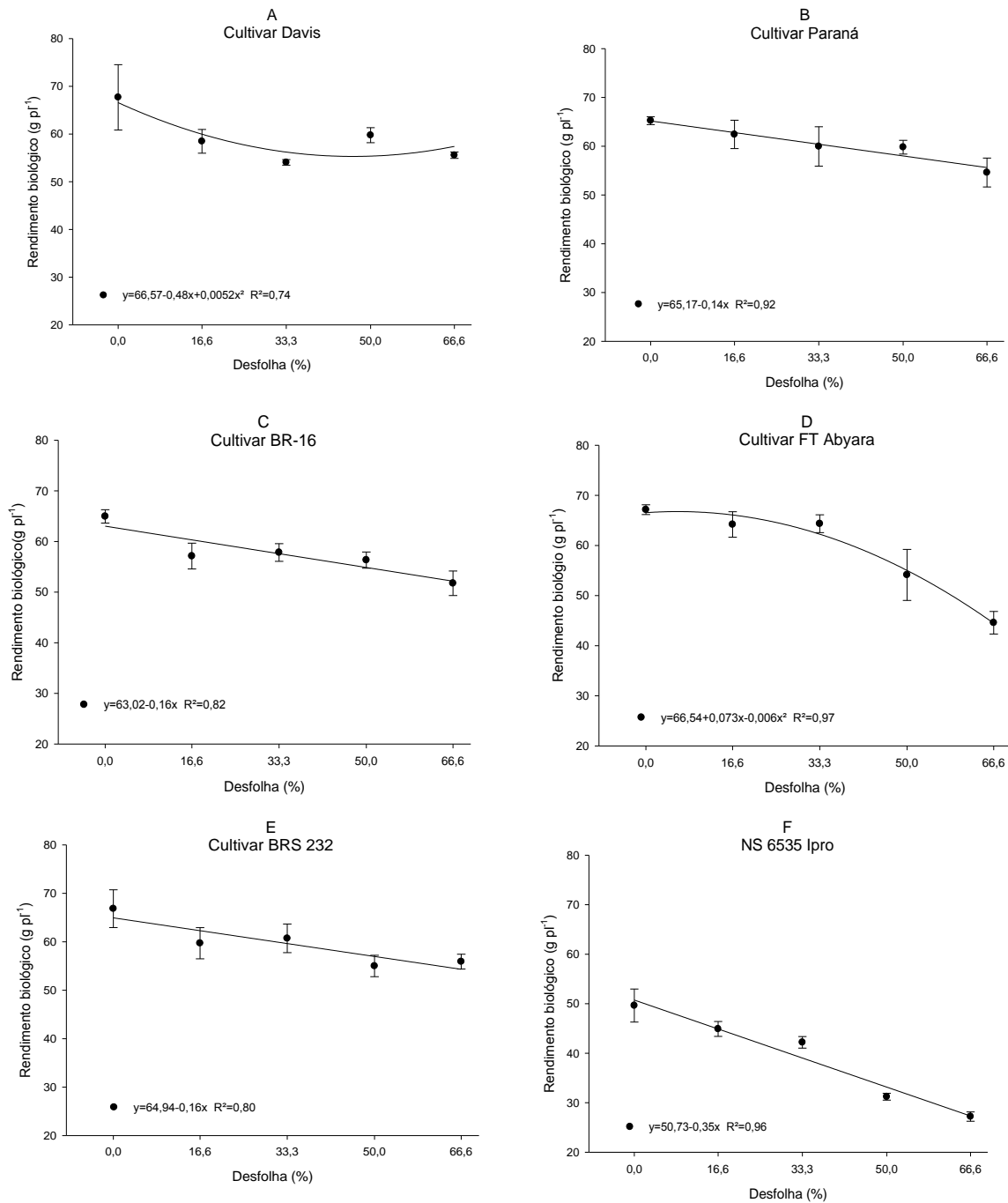
O rendimento biológico foi influenciado pela interação entre os níveis de desfolha impostos e as cultivares (Apêndice 12).

Para as cultivares Davis e FT Abyara, houve decréscimo quadrático do rendimento biológico à medida que aumentou a percentagem de remoção de área foliar (Figura 22 A, D). A queda foi de 17,9% para a cultivar Davis e 33,6% para a cultivar FT Abyara, comparando a testemunha ao maior nível de desfolha imposto.

Para as cultivares Paraná, BR-16, BRS 232 e NS 6535 Ipro, o decréscimo do rendimento biológico foi linear, à medida que aumentou a percentagem de

desfolhamento (Figura 22 B, C, E, F). Essa diminuição foi de 16,3% para a cultivar Paraná, 20,3% para a Cultivar BR-16, 16,3% para a cultivar BRS 232 e 45,2% para a cultivar NS 6535 Ipro.

Figura 22 - Rendimento biológico de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Islam (2014) também verificou queda do rendimento biológico à medida que aumentou a percentagem de desfolha na soja. Estresses ou injúrias causadas por agentes desfolhadores podem influenciar tanto a taxa como a duração do tempo de acúmulo de matéria seca na planta (TAIZ & ZEIGER, 2009).

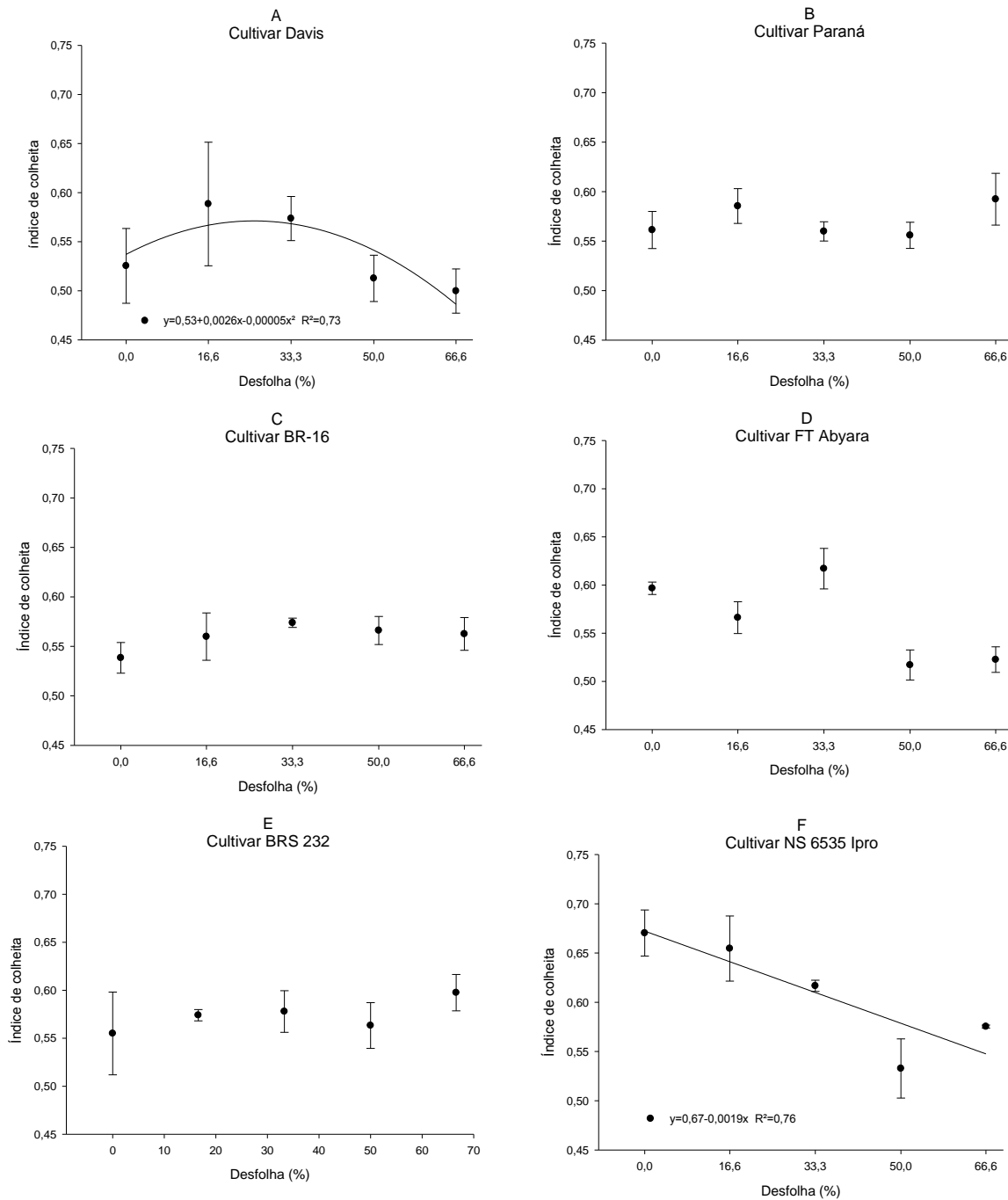
Perdas de área foliar no estágio vegetativo afetam o acúmulo de biomassa na cultura da soja. Isso se deve à menor capacidade fotossintética da planta, tendo em vista que a taxa fotossintética da planta e o acúmulo de biomassa apresentam grande correlação positiva (BOARD et al., 2010; BOARD & KAHN, 2011). Esta tendência foi mais acentuada na cultivar NS 6535, que foi também a que apresentou maior decréscimo no número de vagens e no rendimento de grãos por planta com o incremento na percentagem de desfolha (Figuras 19 e 20).

Assim como o rendimento biológico, o índice de colheita (IC) também foi afetado pela interação entre cultivares e níveis de desfolha (Apêndice 12). Para as cultivares Paraná, BR-16, FT Abyara e BRS 232 ele não variou significativamente em função da percentagem de área foliar removida em V6 (Figura 23 B, C, D, E). Na cultivar Davis, o índice de colheita apresentou maior valor no tratamento com 16,6% de desfolha, decrescendo de forma quadrática à medida que aumentou o nível de perda de área foliar (Figura 23 A). O IC da cultivar NS6535 Ipro foi o mais afetado pela redução de área foliar, decrescendo linearmente com o incremento na percentagem de desfolha (Figura 23F).

O índice de colheita expressa a eficiência da cultura na conversão de biomassa da planta em produtividade de grãos (ZHU et al., 2010; PETTER et al., 2012). Nas parcelas sem desfolha, a cultivar moderna NS 6535 Ipro apresentou um índice de colheita superior a 0,65, o que evidencia sua alta eficiência na alocação de biomassa total à produção de grãos quando a área foliar foi preservada ao longo do ciclo da cultura. Avaliando 29 cultivares lançadas desde a década de 1960 no Brasil, Todeschini (2018) observou aumento linear e significativo do IC com o ano de lançamento do genótipo, obtendo valores superiores a 0,70 para cultivares lançadas na década de 2010. Resultado semelhante foi relatado por Suhre et al. (2014) avaliando 116 genótipos cultivados em diferentes locais nos EUA. Eles também observaram aumento do IC conforme o ano de lançamento da cultivar. Esses resultados indicam que as cultivares disponibilizadas recentemente para cultivo possuem maior eficiência em produzir e alocar recursos aos grãos do que as cultivares

antigas, quando não são submetidas a estresse por desfolha. Comportamento similar foi reportado por Jian et al. (2010) na China e Todeschini (2018) no Brasil.

Figura 23 - Índice de colheita de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018. As barras indicam a média do tratamento  $\pm$  o erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Por outro lado, a cultivar NS 6535 Ipro foi a que mais alterou a alocação de biomassa aos grãos com a redução de área foliar, decrescendo quase 2% o IC para cada 10% de desfolha. Neste sentido, Board et al. (2010) e Zuffo et al. (2015) também observaram decréscimo significativo do índice de colheita de cultivares de soja liberadas para cultivo no século XXI conforme aumento do nível de desfolha. A maior eficiência fotossintética destes genótipos os torna mais sensíveis a redução de área foliar na fase vegetativa, pois compromete mais intensamente a produção de fotoassimilados que seriam utilizados para transformar as flores em vagens e produzir grãos.

De uma forma geral, constatou-se que as cultivares mais antigas alteraram menos seu índice de colheita à medida que aumentou o nível de desfolha. Isto evidencia que elas possuíram maior habilidade de compensar o estresse imposto na fase vegetativa.

#### 4.4 CONCLUSÕES

As cultivares antigas Davis, Paraná, Br 16, BRS 232 e FT Abyara são mais tolerantes à defolha na fase vegetativa do que a cultivar moderna NS 6535. A cultivar contemporânea NS 6535 Ipro apresenta maior decréscimo no rendimento de grãos, rendimento biológico e índice de colheita quando submetida à defolha em V6 do que as cultivares antigas Davis, Paraná, BR 16, BRS 232 e FT Abyara.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soja é a cultura mais cultivada no Brasil e também a que possui maior importância no agronegócio nacional. Seu potencial produtivo é alto. Entretanto, diversos tipos de estresse bióticos e abióticos reduzem a produtividade da cultura. As pragas desfolhadoras destacam-se como fatores bióticos que podem causar danos significativos se não forem manejadas eficientemente.

É fundamental o conhecimento dos níveis de dano causados pelos insetos desfolhadores, informação essa que deve ser utilizada como critério para racionalizar o uso de inseticidas químicos e permitir um manejo integrado de pragas eficaz. O objetivo geral do trabalho foi avaliar a tolerância da soja à desfolha em função da cultivar, estágio fenológico e densidade de plantas.

O primeiro experimento foi conduzido com base na hipótese de que cultivares mais precoces são mais sensíveis à desfolha, enquanto cultivares mais tardias toleram melhor esse tipo de estresse por terem mais tempo para se recuperar, compensando as perdas de área foliar tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva. Observou-se que o nível de dano econômico da soja em V6 depende do grupo de maturação da cultivar, tendo em vista que genótipo mais precoce tolerou menos a desfolha, por apresentar menor período vegetativo. Isso contraria o que é preconizado pela pesquisa, quando foram definidos os níveis de dano econômico e incorporado ao manejo integrado de pragas para a cultura da soja, com cultivares usadas na década de 1970, onde foi determinado que a cultura tolerava níveis de desfolha de até 30% sem perdas no rendimento de grãos. Quando a desfolha foi imposta em R3, observou-se que o comportamento das cultivares com grupo de maturação distinto foi similar. Assim, a tolerância à desfolha em R3 não foi influenciada pelo ciclo da cultivar. As plantas de soja suportaram desfolha de 16,6%, e a partir disso, houve perdas significativas no rendimento de grãos. Esse resultado confirma o preconizado pela pesquisa, quando foram definidos os níveis de dano econômico e incorporados ao manejo integrado de pragas para a cultura da soja, e recomendados até hoje.

O segundo experimento foi concebido com base na hipótese de que a densidade de plantas e o índice de área foliar interferem na tolerância da soja à desfolha, que é menor sob baixas populações. Observou-se que as diferentes densidades não influenciaram na tolerância à desfolha, realizada no estágio R3.

Comparando à testemunha, as plantas de soja suportaram níveis de desfolha de até 33% sem decréscimo significativo no rendimento de grãos, independentemente da densidade populacional, mostrando que a cultivar NA 5909 tolera mais a desfolha que o recomendado pelo MIP. Neste trabalho observou-se que níveis moderados de desfolha (16,6%) ocasionaram incremento no rendimento de grãos, se comparado às médias dos tratamentos sem injúria.

O terceiro experimento surgiu da possibilidade que as cultivares utilizadas atualmente sejam menos tolerantes à desfolha do que aquelas empregadas no século passado. Esta hipótese foi confirmada, pois observou-se que a cultivar contemporânea apresentou maior decréscimo no rendimento de grãos do que as cultivares antigas, sendo mais sensível à desfolha.

Coletivamente, os resultados dos experimentos mostram que o MIP pode ser melhor ajustado para NDE na fase vegetativa, tendo em vista que a tolerância à desfolha e, conseqüentemente, o NDE da cultura varia em função do ciclo da cultivar, quando a injúria ocorre nessa fase. Para a fase reprodutiva, os resultados mostram que o NDE preconizado pelo MIP é efetivo, tanto para cultivares de ciclo distinto quanto para diferentes densidades populacionais.

Contudo, esses resultados somente terão relevância se houver conscientização dos agricultores quanto à importância e necessidade do monitoramento das áreas, verificando o nível de desfolha e utilizando-o como critério para decisão de aplicação ou não de inseticida. Com isso haverá diminuição do uso de inseticidas, economia ao agricultor e menor dano ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BAHRY, C. A.; DANTAS, E. L.; VENSKE, E. NARDINO, M.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Efeito da desfolha na fase vegetativa em alguns caracteres agronômicos da cultivar de soja BMX potência RR. **Revista de Agricultura**, v. 88, n. 3, p. 179-184, 2013.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F. DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associado a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2975-2984, 2015.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidades de semeadura influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016a.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; WERNER, F.; FERREIRA, A. S.; MANDARINO, J. M. G.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Desempenho agronômico da soja em diferentes densidades de plantas e épocas de aplicação de nitrogênio em sistema de plantio direto. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 59, n. 2, p. 132-137, 2016.

BOARD, J. E.; KUMUDINI, S.; OMIELAN, J.; PRIOR, E.; KAHLON, C. S. Yield response of soybean to partial and total defoliation during the seed-filling period. **Crop Science**, v. 50, n. 6 p. 703-712, 2010.

BOARD, J. E.; KAHLON, C. S. Soybean yield formation: what controls it na how it can be improved. In: EL-SHAMY, H. A. **Soybean physiology and biochemistry** 1 ed., 2011, p. 1-36.

BRUIN J. L.; SINGER, J. W.; PEDERSON, P.; ROTUNDO, J. Soybean photosynthetic rate and carbon fixation at early and late planting dates. **Crop Science**, v. 50, n. 6 p. 516-524, 2010.

BUCHLING, C.; OLIVEIRA NETO, A. M. D.; GUERRA, N.; BOTTEGA, E. L. Uso da plasticidade morfológica como estratégia para a redução da população de plantas em cultivares de soja. **Revista Agraria**, v. 10, n. 35, p. 22-30, 2017.

BUENO, A. F. PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SASA-GOMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMANN-CAMPO, B. C.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. 1ª edição, Brasília, 2012, p. 37-74.



BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; MOSCARDI, F. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade** Londrina: Embrapa Soja (Circular técnica, 79) jun. 2010, 12p.

CONAB – Companhia nacional de abastecimento. Safra 2018/2019. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >. Acesso em 24 Fev. 2019.

CONTE, O. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2014/15 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja. (Documentos) 2015, 60 p.

COSTA, M. A. et al. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 813-819, 2003.

CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 ed. Frederico Westphalen: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 2016, 376 p.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybean compensate at low seeding rate but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v.102, n. 4, p. 1238-1243, 2010.

CRUZ, S. C. S.; SENA, D. G. J.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, L. O. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n 1, p. 1-6, 2016.

DECICINO, T. **A importância do posicionamento de cultivares de soja para o sucesso da cultura**. 12 p., 2016. Disponível em: <[http://www.monsoy.com.br/site/wp-content/uploads/2016/08/job\\_02\\_97\\_informativos\\_tecnicos4\\_ano4\\_n9\\_ok\\_atualizado\\_ok.pdf](http://www.monsoy.com.br/site/wp-content/uploads/2016/08/job_02_97_informativos_tecnicos4_ano4_n9_ok_atualizado_ok.pdf)>. Acesso em 03 nov. 2018.

DIOGO, A. M.; et al. Influência da remoção de folhas, em vários estádios de desenvolvimento, na produção de grãos e em outras características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**, v. 44, p. 272-285, 1997.

EGLI, D. B. Soybean yield physiology: principles and process of yield production. In: SINGH, G. **The soybean: botany, production and uses**. p. 113-141, 2011.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja (Circular técnica, 48) 2007, 9 p.

FONTOURA, T. B.; COSTA, J. A.; DAROS, E. Efeitos de níveis e épocas de desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos de soja. **Scientia Agraria**, v. 7, n. 1-2, p. 49-54, 2006.

GAUDÊNCIO, C. A. A.; GAZZIERO, D. L. P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para Centro-Sul do estado do Paraná. **Comunicado Técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Soja**. n. 47, p. 1-4, 1990.

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

GLIER, C. A. da S.; DUARTE JUNIOR, J. B.; FACHIN, G. M.; COSTA, A. C. T.; GUIMARÃES, V. F.; MROZINSKI, C. R. Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 19, n. 6, p. 567-573, 2015.

GRIGOLLI, J. F. J. Pragas de soja e seu controle In: LOURENÇÃO, A. L. F. **Tecnologias e produção: soja 2014/2015**. Curitiba: Midiograf, p. 98-124, 2015.

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

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

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja (Documentos, 349), 2014, 37 p.

ISLAM, M. T. Effects of defoliation on photosynthesis, dry matter production and yield in soybean. **Bangladesh Journal of Botany**, v. 43, n. 3, p. 261-265, 2014.

JIAN, J. et al. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. **Field Crop Research**, v. 115, p. 116-123, 2010.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; **Evolução e perspectiva de desempenho econômico associadas com produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja (Documentos, 319) 2010, p 1-47.

LIU, X. JIN, J.; WANG, G.; HERBERT, S. J.. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast of China. **Field Crop Research**, v. 105, p. 157-171, 2008.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da Produção**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, p. 492, 2015.

LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 181-187, 2014.

MAPA – Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Cultura da soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso 03 dez. 2018.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, O. Épocas de semeadura, densidades de planta e

desempenho vegetative de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MATEI, G.; BENIN, G.; WOYANN, L. G.; DALLÓ, S. C.; MILIOLI, A. S.; ZDZIARSKI, A. D. Agronomic performance of modern soybean cultivars in multi-environments trials. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 7, p. 500-511, jul. 2017.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA, A. I. N. SILVA, T. L. B.; ALMEIDA, A. I. N.; ABREU, V. G.; Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 9, p 175-181, 2010.

MONTEIRO, M. A.; KOCH, F. NOBRE, F. L.; ZULLI, F. S.; ARAÚJO, B. O. N.; BORGES, E. G.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; SANTOS, E. L. Intensidade de desfolha e desempenho de plantas de soja com diferentes hábitos de crescimento. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 16, n. 2, p. 265-269, abr./jun. 2017.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. F; BUENO, R. A. O. F.; GARCIA, A. Soybean response to different injury levels at early developmental stages. **Ciência Rural**, v. 42, n.3, p. 389-394, 2012.

MORRISON, M. J. et al. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, v. 91, p. 685-689, 1999.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. Evangraf, Porto Alegre, 31 p., 2005.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. **Estresses de ordem fisiológica**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 45-65, 2000.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

OWEN, L. N.; CATCHOT, A. L.; MUSSER, F. R.; GORE, J.; COOK, R.; JACKSON, R.; ALLEN, C. Impact of defoliation on yield of group IV soybeans in Mississippi. **Crop Protection**, v. 54, p. 206-212, 2013.

PANIZZI, A. R. **Insetos da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja (boletim técnico 1), 1977, p 1-20.

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

PAVAN, B. **Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo. 2014**. Disponível em: <<http://antigo.brasildefato.com.br/node/27795>>. Acesso em 05 Jul. 2018.

PELUZIO, J. M.; BARROS, H. B.; BRITO, E. L.; SANTOS, M. M.; SILVA, R. R. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios. **Revista Ceres**, v. 51, n. 297, p. 575-585, 2004.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCANTARA NETO, F.; ZUFFO, A.; LIMA, L. B. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOTI JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, out/dez. 2013.

REICHERT, L.; COSTA, E. C. Desfolhamentos contínuos e sequenciais simulando danos de pragas sobre a cultivar de soja BRS 137. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, 2003.

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

RICHTER, G. L.; ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; GUEDES, J. V. C.; KRAULICH, B.; ROCHA, T. S. M.; WINCK, J. E. M.; CERA, J. C. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 416-425, 2014.

RIFFEL, C. T. et al. Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 42, p. 2112-2119, 2012.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How soybean plant develops**, Ames: Iowa State University of Science and Technology, Coopertive Extension Service, (Special Report, 53), 20 p. 1982.

ROCHA, B. G.; AMARO, H. T. R.; PORTO, E. M. V.; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M. S. S.; LOPES, E. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanço e perspectivas. **Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

SANTOS, M. A.; TROGELLO, E.; VIEIRA, D.; RODRIGUES, R. E.; RIBEIRO, A. C. L.; MODOLO, A. J.; BAESSO, M. M. Simulação de desfolhas em diferentes estádios vegetativos na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 2, p. 191-197, 2018.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S., GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja – 1ª parte**. Viçosa, MG. Boletim 211, 1985, p. 1-96.

SCHMILDT, E. R.; DO AMARAL, J. A. T.; PRATISSOLI, D.; DOS REIS, E. F. Influência de desfolhas artificiais para simular perdas na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. *xamego*). **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo, v. 77, n. 3, p. 457-463, 2010.

SILVA, A. F.; SEDIYAMA, T.; SILVA, F. C. S.; BEZERRA, A. R. G.; FERREIRA, L. V. Correlation and path analysis of soybean yield components. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, v. 5, p. 177-179, 2015.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM, JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja roundup ready. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; BAHRY, C. A.; CARON, B. O.; ZIMMER, P. D. Caracteres morfofisiológicos e produtividade de soja em razão da desfolha no estágio vegetativo. **Científica**, v. 42, n. 3, p. 216-223, 2014.

SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; ROWNTREE, S. C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P.; CASTELL, S. N.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; SPECHT, J. E.; DAVIS, V. M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic grain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, p. 1631-1642, 2014.

TAGLIAPIETRA, E. L.; STERCK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; RICHTER, G. L.; SILVA, M. R. D.; CERA, J. C.; GUEDES, J. V. C.; ZANON, A. J. Optimum leaf area index to reach soybean yield potential in subtropical environment. **Crop Ecology and Physiology**, v. 110, n. 3, p. 932-938, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed., Porto Alegre, 918 p., 2013.

TISOT, B.; ZOTTIS, R. **Sistema de combinação de cultivares de soja**. 28 abr. 2015. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/37/sistema-de-combinacao-de-cultivares-de-soja>> Acesso em 30 nov. 2018.

TODESCHINI, M. H. **Progresso genético da soja no Brasil quanto à caracteres fisiológicos e agrônômicos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 50 p., 2018.

WANG, C.; WU, T.; SUN, S.; XU, R.; REN, J.; WU, C.; JIANG, B.; HOU, W.; HAN, T.; Seventy-five years of improvement of yield and agronomic traits of soybean cultivars released in the yellow-huai-hai river valley. **Crop Science**, v. 56, p. 2354-2364, 2016.

WILSON, E. W.; ROWNTREE, S. C.; SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; CONLEY, S. P.; DAVIS, V. M.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; NAEVE, S. L.; SPECHT, J. E.; CASTELL, S. N. Genetic grain, x management interactions in soybean: II Nitrogen Utilization. **Crop Science**, v. 54, p. 340-348, 2014.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N., A.; ROCHA, T. S. M. D.; CERA, J. C.; RICHTER, G., L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 1-12, out-dez. 2015a.

ZANON, A. J.; STRECK, N., A.; RICHTER, G., L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M. D.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER,

P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, v. 74, n. 3, p. 1-13, jul-set. 2015b.

ZANON, A.J.; SILVA, M. R.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CERA, J.; BEXAIRA, K. P.; RICHTER, G. L.; DUARTE, A. J. J.; ROCHA, T. S. M.; WEBBER, P. S.; STRECK, N. A. **Ecofisiologia da soja visando altas produtividades**. 1ª ed., 136p., 2018.

ZHU, X. G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Plant Biology**, v. 61, p. 35-61, 2010.

ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; GESTEIRA, G. S.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O.; GWINNER, R.; BIANCHI, M. C. Agronomic performance of soybean according to stages of development and levels of defoliation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 19, p. 2089-2096, 2015.

## 7. APÊNDICES

Apêndice 1. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis área foliar anterior à desfolha, área foliar em R2 (exp. com desfolha em V6), área foliar em R5 (exp. com desfolha em R3) e expansão foliar V6 a R2 (desfolha em V6) e R3 a R5 (desfolha em R3). Lages, SC, 2016/2017.

Fonte de Variação	G. L.	AF Anterior à Desfolha	AF R2 (desf em V6) e R5 (desf em R3)	Exp. Foliar (V6 a R2) (R2 a R5)
<b>Experimento Desfolha em V6</b>				
Cultivar (C)	2	5,85**	22,0756**	16,21**
Nível de Desf. (ND)	4	-	10,63**	0,12**
C x ND	8	-	0,82 ns	0,79 ns
Blocos	2	8,61**	1,38 ns	0,18 ns
Erro	28			
Total	44			
<b>Experimento Desfolha em R3</b>				
Cultivar (C)	2	377,46**	213,21**	114,52**
Nível de Desf. (ND)	4	-	91,68**	5,85**
C x ND	8	-	8,31**	2,05 ns
Blocos	2	9,19**	9,51**	0,43 ns
Erro	28			
Total	44			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 2. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Fonte de Variação	G. L.	Rendimento de Grãos	Massa de 1.000 Grãos	Número de Vages por Planta	Número de Grãos por Vagem
Experimento Desfolha em V6					
Cultivar (C)	2	164,64**	79,17**	52,57**	0,40 ns
Nível de Desf. (ND)	4	35,31**	75,48**	3,28*	1,49 ns
C x ND	8	3,41**	5,89**	1,28 ns	0,23 ns
Blocos	2	2,79 ns	0,88 ns	2,64 ns	0,65 ns
Erro	28				
Total	44				
Experimento Desfolha em R3					
Cultivar (C)	2	70,93**	66,16**	63,23**	2,61 ns
Nível de Desf. (ND)	4	39,29**	61,62**	18,54**	0,34 ns
C x ND	8	1,50 ns	2,17 ns	4,01**	0,82 ns
Blocos	2	0,52 ns	1,11 ns	0,96 ns	2,73 ns
Erro	28				
Total	44				

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.



Apêndice 3. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis comprimento de caule, número de nós no caule e número de ramos produtivos de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Fonte de Variação	G. L.	Comprimento de Caule	Número de Nós no Caule	Número de Ramos Produtivos
Experimento Desfolha em V6				
Cultivar (C)	2	22,74**	24,16**	14,21**
Nível de Desf. (ND)	4	0,92 ns	0,32 ns	0,57 ns
C x ND	8	0,59 ns	1,04 ns	1,15 ns
Blocos	2	2,63 ns	1,23 ns	0,82 ns
Erro	28			
Total	44			
Experimento Desfolha em R3				
Cultivar (C)	2	40,86**	24,10**	5,39*
Nível de Desf. (ND)	4	0,19 ns	0,56 ns	0,74 ns
C x ND	8	0,75 ns	0,56 ns	1,34 ns
Blocos	2	0,26 ns	0,43 ns	0,08 ns
Erro	28			
Total	44			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 4. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis diâmetro de haste principal, rendimento biológico e índice de colheita de três cultivares de soja sob diferentes níveis de desfolha nos estádios V6 e R3. Lages, SC, 2016/2017.

Fonte de Variação	G. L.	Diâmetro de Haste Principal	Rendimento Biológico	Índice de Colheita
Experimento Desfolha em V6				
Cultivar (C)	2	40,41**	379,39**	27,21**
Nível de Desf. (ND)	4	2,33*	38,40**	4,35**
C x ND	8	0,24*	3,54**	0,77 ns
Blocos	2	0,58 ns	2,84 ns	0,61 ns
Erro	28			
Total	44			
Experimento Desfolha em R3				
Cultivar (C)	2	93,98**	145,33**	44,97**
Nível de Desf. (ND)	4	19,40**	38,90**	11,18**
C x ND	8	1,66 ns	3,05*	12,10**
Blocos	2	0,97 ns	0,04 ns	3,32 ns
Erro	28			
Total	44			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 5. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis IAF anterior à desfolha, IAF em R5 e Expansão do IAF (R3 a R5) da soja em três densidades populacionais sob diferentes níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	IAF Anterior à Desfolha	IAF em R5	Expansão do IAF (R3 a R5)
Safrá 2016/2017				
Densidade (D)	2	52,92**	40,16**	2,51 ns
Erro D	4			
Nível de Desf. (ND)	4	-	29,06**	15,39**
C x ND	8	-	1,41 ns	2,25 ns
Blocos	2	1,92 ns	7,69*	3,58 ns
Erro ND	24			
Total	44			
Safrá 2017/2018				
Densidade (D)	2	10,65*	8,55*	0,09 ns
Erro D	4			
Nível de Desf. (ND)	4	-	53,19**	16,39**
C x ND	8	-	0,94 ns	1,28 ns
Blocos	2	1,01 ns	0,50 ns	0,04 ns
Erro ND	24			
Total	44			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 6. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja em três densidades populacionais sob diferentes níveis de desfolha em R3. Campos Novos, SC, 2016/2017 e 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	Rendimento de Grãos	Massa de 1.000 Grãos	Número de Vagens por Planta	Número de grãos por vagem
<b>Safra 2016/2017</b>					
Densidade (D)	2	0,75 ns	6,30**	295,46**	0,67 ns
Erro D	4				
Nível Desf. (ND)	4	5,83**	5,80**	2,48*	0,25 ns
C x ND	8	0,57	0,87 ns	1,21 ns	0,63 ns
Blocos	2	2,42 ns	2,41 ns	1,76 ns	0,45 ns
Erro ND	24				
Total	44				
<b>Safra 2017/2018</b>					
Densidade (D)	2	12,39*	0,51 ns	217,09**	0,21 ns
Erro D	4				
Nível Desf. (ND)	4	18,55**	39,54**	6,95**	0,32 ns
C x ND	8	1,28 ns	0,67 ns	0,46 ns	0,49 ns
Blocos	2	5,06 ns	0,51 ns	9,53*	2,79 ns
Erro ND	24				
Total	44				

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 7. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis comprimento de haste principal, número de nós na haste principal e número de ramos produtivos da soja em três densidades populacionais sob diferentes níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	Comprimento de Haste Principal	Número de Nós na Haste Princ.	Número de Ramos Produtivos
Safrá 2016/2017				
Densidade (D)	2	16,54**	20,05**	138,62**
Erro D	4			
Nível de Desf. (ND)	4	4,58**	0,91 ns	0,46 ns
C x ND	8	1,79 ns	0,93 ns	0,16 ns
Blocos	2	0,15 ns	2,86 ns	0,17 ns
Erro ND	24			
Total	44			
Safrá 2017/2018				
Densidade (D)	2	9,29*	2,75 ns	22,72**
Erro D	4			
Nível de Desf. (ND)	4	5,50**	0,55 ns	1,15 ns
C x ND	8	0,77 ns	0,17 ns	2,04 ns
Blocos	2	0,62 ns	1,00 ns	0,67 ns
Erro ND	24			
Total	44			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 8. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis comprimento de haste principal, número de nós na haste principal e número de ramos produtivos da soja em três densidades populacionais sob diferentes níveis de desfolha em R3. Campos Novos, 2016/2017 e 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	Diâmetro de Haste Principal	Rendimento Biológico	Índice de Colheita
Safrá 2016/2017				
Densidade (D)	2	92,72**	2825,79**	23,63**
Erro D	4			
Nível de Desf. (ND)	4	1,49 ns	7,49**	0,45 ns
C x ND	8	0,81 ns	2,05 ns	0,66 ns
Blocos	2	0,80 ns	3,20 ns	1,50 ns
Erro ND	24			
Total	44			
Safrá 2017/2018				
Densidade (D)	2	6,53*	327,72**	200,26**
Erro D	4			
Nível de Desf. (ND)	4	0,53 ns	6,02**	5,78**
C x ND	8	0,39 ns	3,11*	0,74 ns
Blocos	2	1,40 ns	1,65 ns	1,86 ns
Erro ND	24			
Total	44			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 9. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis área foliar anterior à desfolha, área foliar em R2 e expansão foliar de V6 a R2 de diferentes cultivares de soja submetidas à desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	AF Anterior á Desfolha	AF em R2	Expansão Foliar (V6 a R2)
Cultivar (C)	5	1,44*	10,47**	8,33**
Nível de Desf. (ND)	4	-	64,21**	22,13**
C x ND	20	-	1,95 ns	1,28 ns
Blocos	2	3,03 ns	0,82 ns	0,19
Erro	58			
Total	89			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 10. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem de diferentes cultivares de soja submetidas à desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	Rendimento de Grãos	Massa de 1.000 Grãos	Número de Vagens por Planta	Número de Grãos por Vagem
Experimento Desfolha em V6					
Cultivar (C)	5	17,92**	16,07**	24,67**	13,05**
Nível Desf. (ND)	4	22,00**	8,09**	7,87**	1,11 ns
C x ND	20	2,45**	1,17 ns	1,98*	1,69 ns
Blocos	2	0,74 ns	0,47 ns	0,67 ns	0,35 ns
Erro	58				
Total	89				

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.



Apêndice 11. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis comprimento de haste principal, número de nós na haste principal e número de ramos produtivos de diferentes cultivares de soja submetidas à desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	Comprimento de Haste Principal	Número de Nós na Haste Princ.	Número de Ramos Produtivos
Experimento Desfolha em V6				
Cultivar (C)	5	13,53**	5,67**	3,01*
Nível de Desf. (ND)	4	1,53 ns	0,89 ns	0,77 ns
C x ND	20	0,70 ns	0,68 ns	0,92 ns
Blocos	2	7,93**	0,41 ns	17,36**
Erro	58			
Total	89			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 = < p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Apêndice 12. Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis diâmetro de haste principal, rendimento biológico e índice de colheita de diferentes cultivares de soja submetidas à desfolha em V6. Lages, SC, 2017/2018.

Fonte de Variação	G. L.	Diâmetro de Haste Principal	Rendimento Biológico	Índice de Colheita
Experimento Desfolha em V6				
Cultivar (C)	5	6,70**	49,28**	4,68**
Nível de Desf. (ND)	4	2,82*	28,50**	4,19**
C x ND	20	0,77 ns	1,99*	1,78*
Blocos	2	2,19 ns	1,58 ns	1,26 ns
Erro	58			
Total	89			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

ns - não significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.