



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS ERECHIM**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**DAIANI BRANDLER**

**INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PLANTAS DANINHAS**  
**NA CULTURA DA CANOLA**

**ERECHIM**

**2019**

**DAIANI BRANDLER**

**INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PLANTAS  
DANINHAS NA CULTURA DA CANOLA**

Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.  
Orientador: Prof. Dr. Altemir Jose Mossi  
Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

**ERECHIM**

**2019**

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Brandler, Daiani  
INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PLANTAS  
DANINHAS NA CULTURA DA CANOLA / Daiani Brandler. --  
2019.  
77 f.

Orientador: Doutor Leandro Galon.  
Co-orientador: Doutor Altamir José Mossi.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Ambiental-PPGCTA, Erechim, RS, 2019.

1. Manejo Sustentável de Plantas Daninhas. 2.  
Brassica napus L. 3. Lolium multiflorum. 4. Saphanus sp.  
5. Avena strigosa. I. Galon, Leandro, orient. II. Mossi,  
Altamir José, co-orient. III. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS ERECHIM  
COORDENAÇÃO ACADÊMICA  
COORDENAÇÃO ADJUNTA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
SECRETARIA DE PÓS GRADUAÇÃO  
ERS 135 – Km 72, nº 200, Caixa Postal 764, Erechim-RS, CEP 99700-970, 54 3321 7099  
sec.posgrad.er@uffs.edu.br, www.uffs.edu.br

### Ata de Defesa de Dissertação 001/PPGCTA-2019

Aos quinze dias do mês de fevereiro de dois mil e dezenove, às quatorze horas, na sala 301 do Bloco A, do Campus Erechim, da Universidade Federal da Fronteira Sul, reuniu-se, para defesa da dissertação apresentada por **Daiani Brandler**, do programa de Pós-Graduação, stricto Sensu, em Ciência e Tecnologia Ambiental, intitulada: “**INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA CANOLA**”, a Banca Examinadora, composta pelos professores: Prof. D. Sc. – Leandro Galon (Orientador/presidente – UFFS), Prof. Dr. – Altemir José Mossi (Orientador - UFFS), Prof. Dr. Valdecir José Zonin (Membro titular interno – UFFS) e Prof. D. Sc. Siumar Pedro Tironi (Membro titular externo – UFFS). O(A) professor (a) Orientador/Presidente deu por aberta a sessão e logo a seguir passou a palavra ao (à) mestrando(a), para que em até trinta minutos expusesse seu trabalho. Terminada a exposição, passou-se à arguição da Banca Examinadora. A seguir, a sessão foi suspensa e os examinadores decidiram por (X) aprovar ( ) reprovar o trabalho.

Observações: Realizar as correções sugeridas pela banca

Banca orienta que no prazo de 45 dias seja entregue a versão final do trabalho de dissertação à Secretaria de Pós-Graduação. Nestes termos, esta ata segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora e pelo(a) mestrando(a).

Erechim/RS, 15 de fevereiro de 2019.

Daiani Brandler  
Prof. D. Sc. Leandro Galon  
Prof. Dr. Altemir José Mossi  
Prof. Dr. Valdecir José Zonin  
Prof. D. Sc. Siumar Pedro Tironi

Daiani Brandler  
Leandro Galon  
Altemir Mossi  
Valdecir Zonin  
Siumar Tironi

*Em especial aos meus pais, Emilio e Juraci Brandler, pelo apoio incondicional em todos os momentos e por sempre acreditarem na minha capacidade.*

*Aos meus irmãos pelo apoio durante essa caminhada.*

*Ao Rodrigo Jose Tonin pelo apoio, carinho e amor dedicados a mim ao longo desse período.*

*A toda minha família que sempre torceram pelas minhas conquistas.*

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por estar sempre comigo e nunca me deixar desanimar e nem desistir.

Ao professor D. Sc. Leandro Galon e ao professor Dr. Altemir José Mossi pela orientação e paciência, e por terem acreditado em mim, onde não mediram esforços para me auxiliar em todos os momentos que foi preciso.

À coordenação e aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

À secretaria do curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, pelo auxílio durante o curso e por estarem sempre dispostas a ajudar.

Aos Técnicos de Laboratório pelo apoio e auxílio em minhas atividades.

À minha colega, amiga, parceira, ajudante Thalita Pedrozo Pilla, por toda ajuda na execução do projeto, e principalmente pela amizade. Que nossa amizade e parceria durem muito ainda e que a vida trilhe muitos caminhos bons para nós e que esses caminhos se encontrem nas estradas da vida. PILLA Obrigada por tudo mesmo, você foi muito importante.

Aos meus pais e familiares, que sempre torceram por mim e que acompanharam essa trajetória.

A minha irmã Danieli, por toda ajuda nas traduções, obrigada.

Às minhas amigas, em especial a Sabrina e a Carine, pelo apoio e paciência, e principalmente por ouvirem várias vezes meus desabafos. Vocês são as melhores.

Ao pessoal do Grupo MASSA, mas especialmente ao Felipe Bianchessi e ao César Tiago Forte por toda ajuda que me deram.

Ao Mauricio Viegas pela amizade e pela ajuda que prestou a mim, muito obrigada.

À todas as pessoas que de alguma forma estiveram presentes durante essa jornada.

O meu sincero muito obrigada!

“O período de maior ganho em  
conhecimento e experiência é o período  
mais difícil da vida de alguém”.

Dalai Lama

## RESUMO GERAL

As plantas daninhas competem com as culturas pelos recursos do meio, tais como água, luz e nutrientes e conseqüentemente causando interferência negativa quando não forem controladas. Ao aparecerem em altas densidades o controle das plantas daninhas é obrigatório, no entanto em baixas infestações se faz necessária a quantificação das perdas de produtividade e de qualidade do produto colhido para a tomada de decisão. O período de interferência de plantas daninhas infestantes de culturas é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão de qual a melhor época de se efetuar o controle para que não se tenha redução quantiquantitativa das culturas ao serem infestadas. Em algumas culturas já foram desenvolvidos trabalhos para estimar o nível de dano econômico, onde as plantas daninhas são monitoradas e são aplicadas medidas de controle quando se torna necessário. Desse modo objetivou-se com o trabalho estimar os períodos de interferência e o nível de dano econômico de plantas daninhas infestantes da cultura da canola. Para isso foram instalados dois experimentos na área experimental da UFFS, Campus Erechim, na safra 2017/18. No primeiro ensaio foram avaliados o período anterior a interferência (PAI), o período total de prevenção a interferência (PTPI) e o período crítico de prevenção a interferência (PCPI) de nabo, azevém e aveia preta infestantes da cultivar de canola Diamond semeada na densidade de 50 plantas m<sup>-2</sup>, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. Aos 51 dias após a emergência da canola aferiu-se as variáveis relacionadas a morfofisiologia como, teor de clorofila, taxa fotossintética, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, condutância estomática de vapores de água, eficiência de carboxilação, uso eficiente da água, altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, e massa seca da parte aérea da canola em competição com as plantas daninhas. Na época da colheita da canola determinou-se os componentes relacionados ao rendimento de grãos da cultura como; número de síliquas, número de plantas por metro, massa de mil grãos e produtividade de grãos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo os tratamentos separados em dois modelos de interferência: no primeiro, a canola conviveu com as plantas daninhas por períodos crescentes de 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE) e por todo o ciclo; sendo denominado de grupo de convivência e, no segundo, a cultura foi mantida livre da infestação pelos mesmos períodos descritos anteriormente, denominados de controle. No segundo ensaio foi avaliado o nível de dano econômico de nabo infestante dos híbridos de canola;

Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond semeadas na densidade de 50 plantas m<sup>-2</sup>, em mesmo espaçamento do experimento um. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, sem repetição. Foram avaliadas as variáveis população de plantas, área foliar, cobertura de solo e massa seca da parte aérea das plantas de nabo para o cálculo das perdas de produtividade da canola na presença da planta daninha. O custo do controle (herbicida e aplicação terrestre tratorizada, em dólares ha<sup>-1</sup>), a produtividade de grãos da canola (kg ha<sup>-1</sup>), o preço da canola (dólares kg<sup>-1</sup> de grãos), a eficiência do herbicida (%) e a população de plantas do nabo foram usadas para calcular o nível de dano econômico da planta daninha sobre a cultura. Os resultados para o período de interferência demonstraram que o período crítico de prevenção a interferência (PCPI) para a cultura da canola vai dos 25 aos 60 DAE. O período anterior a interferência (PAI) vai até o 25 DAE. E o período total de prevenção a interferência (PTPI) é de 60 DAE. As variáveis, taxa fotossintética, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, condutância estomática de vapores de água e eficiência de carboxilação relacionadas a fisiologia das plantas de canola não sofreram alterações pelos períodos de interferência e de controle das plantas daninhas. A competição do nabo, azevém e aveia preta em canola alteraram negativamente a altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, número de plantas por metro, a massa seca da parte aérea da cultura, o número de siliquis e a massa de mil grãos. A interferência das plantas daninhas reduziu em 94,05% a produtividade de canola quando nenhum método de controle foi empregado. Os híbridos de canola, Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 e o Hyola 571 CL apresentam maior competitividade com o nabo do que a Hyola 433 e Diamond. A variável cobertura do solo apresenta melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular comparativamente a população de plantas, área foliar e massa seca da parte aérea. A utilização dos híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL aumentaram o nível de dano econômico em canola. Os valores dos níveis de danos econômicos variam de 2,86 a 5,95; 2,43 a 5,05; 2,22 a 5,43 e 2,99 a 6,22 plantas de nabo m<sup>-2</sup> para os híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL, respectivamente em função das variáveis simuladas. Acréscimo na produtividade de grãos, no preço da canola, na eficiência do herbicida e a redução do custo de controle reduzem os valores do nível de dano econômico, justificando a adoção de medidas de controle em menores populações de nabo.

**Palavras-chave:** *Raphanus raphanistrum*, *Brassica napus* L., Manejo sustentável de plantas daninhas.

## ABSTRACT

The weeds if not controlled compete with crops for the resources of the environment, such water, light and nutrients and consequently causing negative interference on crops if they are not controlled. When weeds appear in high population levels, control is required, however in low infestations it is necessary to quantify the losses of productivity and quality of the product harvested. The interference period of weeds is a tool that helps making decision of the best time to carry out the control so that there is no qualitative reduction of the cultures infested. Some crops have already been developed to estimate the level of economic damage, where weeds are monitored and control measures are applied when it becomes necessary. In this way the objective of this research was to estimate the periods of interference and the level of economic damage of weeds from the canola crop. For this, two experiments were installed in the experimental area of UFFS, Campus Erechim, in the 2017/18 harvest. In the first trial, the period before interference (PAI), the total interference prevention period (PTPI) and the critical interference prevention period (PCPI) of turnip, ryegrass and black oat weeds of the canola cultivar Diamond sown in density of 50 plants m<sup>-2</sup>, spaced 0.5 m between rows. At 51 days after the emergence of canola, the variables related to morphophysiology, such as photosynthetic rate, internal CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate, stomatal conductance of water vapors, carboxylation efficiency, water efficiency, plant height, stem diameter, leaf area, and dry mass of the aerial part of the canola in competition with the weeds. At the time of canola harvest, the yield components of the crop were determined by the number of silica, number of plants per meter and mass of one thousand grains. The experimental design was a randomized block with four replicates, the treatments being separated into two models of interference: in the first, the canola cohabited with weeds for increasing periods of 0, 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after the emergency (DAE) and throughout the cycle; being called the coexistence group and, in the second, the culture was kept free of the infestation for the same periods described previously, called control. In the second trial, the level of economic damage of weeds of the canola hybrids was evaluated; Hyola 50, Hyola 763, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL and Diamond seeded at the density of 50 plants m<sup>-2</sup>, in the same spacing as experiment one. The experimental design was of randomized blocks, without repetition. The variables population of plants, leaf area, soil cover and dry mass of the aerial part of the turnip plants for the calculation of the

productivity losses of the canola in the presence of the weed were evaluated. The cost of control (herbicide and tractorized terrestrial application, in dollars ha<sup>-1</sup>), yield of canola grains (kg ha<sup>-1</sup>), canola price (kg<sup>-1</sup> grains), herbicide efficiency) and the population of turnip plants were used to calculate the level of economic damage of the weed on the crop. The results for the interference period demonstrated that the critical period of interference prevention (PCPI) for canola culture ranges from 25 to 60 DAE. The period prior to interference (PAI) goes up to 25 DAE. And the total interference prevention period (PTPI) is 60 DAEs. The variables: photosynthetic rate, internal CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate, stomatal conductance of water vapors, carboxylation efficiency and water efficiency related to the physiology of canola plants were not affected by periods of interference and weed control. The competition of turnip, azevem and black oats in canola negatively altered the morphological variables, plant height, stem diameter, leaf area, number of plants per meter, number of silica, one thousand grain mass and dry mass of the aerial part of the crop. The weed interference reduced the yield of canola by 94.05% when no control method was used. Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 and Hyola 571 CL cane hybrids are more competitive with turnip than hybrids, Hyola 433 and Diamond. The use of hybrids Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL and Hyola 575 CL increased the level of economic damage in canola. The values of economic damage levels range from 2.86 to 5.95; 2.43 to 5.05; 2.22 to 5.43 and 2.99 to 6.22 turnip plants m<sup>-2</sup> for hybrids Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL and Hyola 575 CL, respectively as a function of simulated variables. The increased grain yield, canola price, herbicide efficiency and reduced control cost reduce the level of economic damage, justify the adoption of control measures in smaller turnip populations.

**Keywords:** *Raphanus raphanistrum*, *Brassica napus* L., Sustainable weed management.

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I – PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANOLA

- Tabela 1 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI) e a taxa de transpiração (E) em plantas de canola híbrido Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018. .... 44
- Tabela 2 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a condutância estomática (GS) e a eficiência no uso da água (EUA) em plantas de canola híbrido Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018. .... 44
- Tabela 3 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a atividade fotossintética (A) e a eficiência de carboxilação (EC) em plantas de canola híbrido Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018 ..... 45
- Tabela 4 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a massa seca da parte aérea e número de plantas de canola. UFFS, Erechim-RS, 2018.46
- Tabela 5 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a altura de plantas e da clorofila de canola. UFFS, Erechim-RS, 2018..... 46
- Tabela 6- Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a área foliar e diâmetro de plantas de canola cultivar Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018. .... 47
- Tabela 7 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre o número de síliquas e massa de mil grãos de canola. UFFS, Erechim-RS, 2018..... 48

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I – PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANOLA

Figura 1. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a concentração interna de CO<sub>2</sub> (i) (μmol mol<sup>-1</sup>) e a taxa de transpiração (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) da canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 44

Figura 2. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a condutância estomática (mol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) e eficiência no uso da água (mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) da canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 45

Figura 3. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a atividade fotossintética (μmol mol<sup>-1</sup>) e eficiência de carboxilação (mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 45

Figura 4. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a massa seca da parte aérea (g m<sup>-2</sup>) e o número de plantas de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 46

Figura 5. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a altura de plantas (cm) e o índice de clorofila (SPAD) de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 47

Figura 6. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a área foliar (cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e diâmetro de caule (mm) de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 47

Figura 7. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre o número de síliquas (planta<sup>-1</sup>) e a massa de mil grãos (g) de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018. .... 48

Figura 8. Produtividade de grãos de canola híbrido Diamond (kg ha<sup>-1</sup>), em função do período de convivência (●) e de controle (○) de azevém (*Lolium multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*) e nabo (*Raphanus raphanistrum*). PAI: Período anterior a interferência; PTPI: Período total de prevenção a interferência e PCPI: Período crítico de prevenção a interferência. Significativo a p≤0,05. UFFS, Campus Erechim/RS, 2018. .... 49

### ARTIGO II – INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE NABO EM CANOLA

Figura 1. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da população de plantas po m<sup>-2</sup> de nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018. R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; \* Significativo a p≤0,05. .... 70

Figura 2. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ m}^{-2}$ ) de nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018. $R^2$ = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$ .	71
Figura 3 Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da cobertura do solo (%) do nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018. $R^2$ = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$ .	72
Figura 4. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da massa seca da parte aérea ( $\text{g m}^{-2}$ ) de nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018. $R^2$ = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$ .	73
Figura 5. Nível de dano econômico (NDE) em função da produtividade de grãos, população de nabo e híbridos de canola.	74
Figura 6. Nível de dano econômico (NDE) em função do preço de grãos, população de nabo e híbridos de canola.	74
Figura 7. Nível de dano econômico (NDE) em função da eficiência do herbicida, população de nabo e híbridos de canola.	75
Figura 8. Nível de dano econômico (NDE) em função do custo de controle, população de nabo e híbridos de canola.	75

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS.....	25
ARTIGO I – PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANOLA .....	26
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
REFERÊNCIAS .....	40
ARTIGO II – INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE NABO EM CANOLA .....	50
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
REFERÊNCIAS .....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76

## INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*), é uma herbácea oleaginosa de ciclo anual pertencente a família Brassicaceae. Ela é uma das principais oleaginosas do mundo, sendo utilizada de diversas maneiras, tais como matéria-prima para extração de óleo comestível, de biodiesel, cosméticos, fármacos, para produção de forragem verde para alimentação animal, adubação para condicionamento do solo dentre outros usos (DE MORI et al., 2014). A produção de canola brasileira na safra 2017/18 foi de 49,5 mil toneladas, sendo o Rio Grande do Sul, responsável por 48,7 mil toneladas, 98,4% da produção total (CONAB, 2019).

Com um teor médio de óleo em torno de 38% a canola vem sendo empregada no Brasil predominantemente na alimentação humana, para geração de energia e para uso industrial e no exterior, especialmente na Europa, para fins energéticos (TOMM, 2005; SILVA e FREITAS, 2008; KADIVAR et al., 2010).

A canola é também uma potencial fonte de proteínas específicas além de matérias-primas industriais, como biopolímeros, surfactantes, adesivo e também para produção de biodiesel (WU e MUIR, 2008). Já o farelo de canola o qual é um co-produto sólido da extração de óleo, é utilizado como suplemento proteico na formulação de rações para animais (DE MORI et al., 2014; LONG et al., 2016; MAAZ et al., 2016).

Na safra 2017, constatou-se que as lavouras de canola foram afetadas pelo clima, pois o excesso de chuva nos meses de maio e junho dificultou a emergência das plantas e também ocorreram geadas que causaram o abortamento de grande parte das síliquas (CONAB, 2018). Devido a estes fatores o rendimento médio ficou em apenas 848 kg ha<sup>-1</sup>, tendo uma redução de 44% quando comparado à safra anterior. Sendo que a produção de 71,9 mil toneladas obtida na safra 2016, diminuiu para 40,8 mil toneladas na safra 2017, na região sul do Brasil. Mesmo com todas essas perdas a canola apresentou uma boa qualidade para a indústria de óleos.

Na estação estival de inverno a canola demonstra uma excelente opção de cultivo, pois pode favorecer a produção de grãos destinados para diversos fins, vindo a somar com a produção das culturas de verão, fortalecendo os meios de produção e principalmente pela possibilidade do produtor efetuar rotações de culturas e aproveitar a infraestrutura existente na propriedade (MEZZALIRA et al., 2014).

No atual contexto de sustentabilidade ambiental, a canola tem ganhado destaque como uma das fontes de energia renovável por meio do uso dos biocombustíveis, que substituem os combustíveis fósseis não renováveis, ou lentamente renováveis. Nessa

perspectiva, a produção e incentivos para a pesquisa da canola têm tido um incremento significativo que se reflete, por exemplo, no aumento da produtividade média quando se comparam os anos de 2014 até 2016 no estado do Rio Grande do Sul, nos quais se observa um aumento de produtividade de 100%, atingindo 1.576 kg ha<sup>-1</sup> em 2016 (EMBRAPA, 2016).

Para que se faça uma boa implantação de uma cultura no sistema de produção agrícola, é necessário o uso de tecnologias mais desenvolvidas, como o uso de sistemas de irrigação, controle fitossanitário, bem como o uso de cultivares melhoradas, de sementes com uma boa qualidade fisiológica e sanitária, e também realizar colheita mecanizada (MEDINA et al., 2009).

Além disso, devido ao aumento da demanda pelo cultivo da canola no Brasil, pesquisadores têm buscado formas de manejos mais adequados para se obter os melhores rendimentos da cultura e uma produção mais sustentável, onde se destacam ações de melhoria tanto no sistema de plantio, como manejo e colheita (EMBRAPA, 2016). Embora esse gradativo crescimento das pesquisas esteja gerando informações técnico-científicas relevantes, ainda há insuficiência de informações relacionadas aos desafios de cultivo.

Pesquisas mostram que a canola no Brasil, está sendo uma alternativa importante para os sistemas de rotação de culturas, e se tornando uma maneira de obter produção de grãos no inverno, somando-se com as produções de verão e ainda ajudando a reduzir os problemas fitossanitários de gramíneas, leguminosas e outras culturas (TOMM et al., 2009).

Além disso, a canola permite a otimização dos fatores de produção, bem como terras, máquinas e recursos humanos. O cultivo da canola necessita ainda de menor uso de fungicidas quando comparado a cereis de inverno, pois na canola não ocorre a infestação de muitas doenças (CHAVARRIA, 2011).

A canola, assim como nos outros cultivos, está sujeita à interferência das plantas daninhas, onde ocorre competição por água, luz e nutrientes nas lavouras, causando, conseqüentemente, uma redução significativa na produtividade das culturas, aumento dos custos de produção e redução do rendimento e da qualidade dos grãos produzidos (LEMERLE et al., 2001; RICHETTI et al., 2003; SARDANA et al., 2017 ).

No que se refere às plantas daninhas, estas podem causar interferência quando infestam as culturas. Essa interferência pode ser causada via competição, alelopatia e até mesmo outros tipos de interferência biótica que dificultem o crescimento e

desenvolvimento da planta cultivada (KOZLOWSKI et al., 2009). As plantas daninhas representam um dos principais problemas no cultivo da canola no Brasil, pois poucos são os herbicidas registrados e que sejam seletivos para a cultura para aplicação em pós-emergência, tornando assim mais difícil o controle (VARGAS et al., 2011).

Dentre as plantas daninhas que infestam a cultura da canola, as que mais se destacam nas lavouras na região Sul é o nabo (*Raphanus raphanistrum*) e o azevém (*Lolium multiflorum*), pois estas apresentam elevada competitividade pelos recursos como água, luz e nutrientes (TIRONI et al., 2014; GALON et al., 2015). Além disso, essas plantas são comumente utilizadas para adubação verde ou como forrageiras de inverno e normalmente deixam um grande banco de sementes no solo.

O azevém quando não controlado pode causar uma redução de até 70% no rendimento de grãos da canola (HOLMAN et al., 2006). No sudoeste da Austrália o azevém é a planta daninha que causa o maior dano na cultura da canola (LEMERLE et al., 2001).

As plantas daninhas mais importantes e mais competitivas em uma lavoura são aquelas que pertencem à mesma família botânica da cultura, já que as mesmas apresentam necessidades similares de recursos e também por exploram basicamente o mesmo nicho que a cultura (AGOSTINETTO et al., 2008).

Uma medida possível de ser utilizada para controlar as plantas daninhas é o uso de uma maior densidade de plantas de canola, pois ajuda a evitar a germinação do banco de sementes das plantas daninhas, bem como diminui o impacto sobre o rendimento da cultura (HARKER et al., 2013; LEMERLE et al., 2017).

Dos poucos estudos publicados sobre o assunto, o realizado por Nichelati (2015) observou que a convivência de plantas de canola com as plantas daninhas não afetaram a altura da cultura, mas influenciaram negativamente o diâmetro do caule e o número de síliquas, diminuindo conseqüentemente, a produtividade de grãos.

No momento em que se busca realizar um manejo racional das plantas daninhas em uma determinada cultura, é de grande importância saber o período de interferência e, principalmente, o impacto que elas causam para os cultivos em competição (CARDOSO, 2009).

O termo interferência é utilizado para se referir às ações que recebe uma determinada cultura em decorrência da presença de plantas daninhas, onde pode-se dizer que, quanto maior for o período que a cultura conviver com a comunidade infestante, maior será a interferência causada na cultura (SALGADO et al., 2002).

Em relação à época e duração da convivência da cultura *versus* planta daninha, destacam-se três períodos: período anterior à interferência (PAI), período total de prevenção da interferência (PTPI) e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) que corresponde ao intervalo entre os limites máximos do PAI e do PTPI. O PCPI se caracteriza pelo período durante o qual é imprescindível realizar o controle, para que não ocorram perdas de produção (PITELLI et al., 2002; GALON et al., 2008).

Em termos de manejo de plantas daninhas, o período anterior à interferência (PAI) torna-se o período de maior importância do ciclo cultural, a partir do qual a produtividade é significativamente prejudicada, pois é nesse período em que a planta necessita se estabelecer para a competição com as demais (KOZLOWSKI et al., 2009).

Aliado aos períodos de interferência para manejar de modo mais sustentável as plantas infestantes de culturas se tem a técnica do nível de dano econômico. Para a cultura da canola não se tem estudos sobre o nível de dano econômico que as plantas daninhas causam, devido a isso, faz-se necessário saber qual a melhor época de controle das plantas daninhas, bem como a interferência que elas ocasionam na cultura, procurando desta forma ter um uso racional de herbicidas a fim de ter um equilíbrio nos custos de produção e a geração de um alimento mais saudável.

Alguns modelos empíricos podem fornecer informações a cerca do efeito da competição das plantas daninhas sobre as culturas ao descreverem a perda de produtividade da cultura com relação a uma ou mais variáveis que fornecem informações a cerca da infestação das plantas daninhas, tais como área foliar, cobertura de solo, população de plantas, massa seca, dentre outras (GALON et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2008).

O nível crítico de dano (NCD) é um dos parâmetros usados para auxiliar na decisão do controle das plantas daninhas. O NCD equivale ao dano individual das plantas daninhas sobre o rendimento da cultura, mas não leva em consideração as variáveis econômicas (VIDAL et al., 2010). O nível crítico de dano engloba os conceitos de densidade crítica e período crítico, visto que os aspectos populacional e temporal são mutuamente dependentes (PORTUGAL, 2010).

O nível de dano econômico (NDE) serve como base para tomada de decisão para o controle das plantas daninhas, sem ele há dificuldade de manejo da cultura, além de gerar uma menor eficiência no uso de herbicidas, bem como elevar os custos de produção e uma maior contaminação ambiental pelo uso excessivo de herbicidas ou também não se fazer o controle quando há necessidade. O NDE é extremamente

importante, pois indica o momento certo de efetuar o controle das plantas daninhas, sem que essas plantas venham a interferir a produtividade de grãos ou a qualidade do produto colhido (GALON et al., 2007).

As plantas daninhas infestantes da canola reduziram o rendimento de grãos em 50,84% quando comparado a área sem infestação (ZARE et al., 2012). Lemerle et al. (2010) também encontraram resultados similares para o rendimento de grãos de canola ao ser infestada por plantas daninhas. A competição entre plantas da mesma família foi mais prejudicial em todos os quesitos avaliados, pois elas competiram pelo mesmo nicho ecológico, resultados idênticos foram observados por Galon et al. (2015) em estudo sobre a competitividade de canola infestada por azevém e nabo.

A redução na produtividade pelo dano das plantas daninhas é um dos fatores mais importantes, que pode provocar reduções severas de até 80% como no cultivo de feijão (PARREIRA et al., 2014). Por isso, ter o conhecimento sobre as plantas que mais afetam a cultura, o banco de sementes que está presente no solo bem como a época mais adequada para controlar a competição de plantas, compõe um dos principais aspectos do manejo integrado. O manejo integrado é a combinação de diferentes ferramentas de controle para se ter um aprimoramento no controle de pragas agrícolas e assim a produção de grãos feita de modo mais sustentável.

Dentre as opções de manejo para reduzir a interferência de plantas daninhas na canola pode se utilizar cultivares mais competitivas, especialmente híbridos, aumentar as densidades de semeadura, bem como da otimização do espaçamento entre fileiras. E modelos experimentais que quantificam adequadamente os benefícios da produção e a supressão de plantas daninhas (LEMERLE et al., 2017).

A combinação genética e agronômica torna-se uma importante ferramenta para aumentar a capacidade competitiva da canola, visto que gradativamente as plantas daninhas tendem a adquirir resistência aos herbicidas. Para ampliar a eficiência dos herbicidas e diminuir a resistência das plantas daninhas podem-se adotar práticas agronômicas adequadas, como rotação de culturas, rotação de princípios ativos, a combinação de cultivares mais competitivas (HARKER et al., 2011; LEMERLE et al., 2017) e ainda trabalhar com sistemas produtivos.

Com base nisso, a pesquisa objetivou estimar os períodos de interferência e o nível de dano econômico de plantas daninhas infestantes da cultura da canola.

A hipótese geral da pesquisa foi de que as perdas de produtividade de grãos da canola, por interferência de plantas daninhas, variam com a população da planta

daninha, ciclo dos híbridos de canola e os períodos de interferência, e podem ser quantificadas por modelos matemáticos que permitem estabelecer níveis de dano econômico à cultura. Para testar a hipótese, o trabalho foi dividido em dois estudos. No Estudo I foi avaliada a hipótese de que quanto mais tempo a cultivar de canola Diamond permanecer infestada pelas plantas daninhas, nabo, azevém e aveia-preta, maiores serão as perdas de produtividades de grãos da cultura. No estudo II foi avaliada a hipótese de que os híbridos de canola de ciclo de desenvolvimento curto ou muito curto incrementam a habilidade competitiva da cultura em relação ao nabo, e que a população de plantas é a melhor indicadora da competição no modelo de regressão não linear. No mesmo estudo, foi avaliada a hipótese que existem variações nos NDE ocasionados pela competição exercida pelo nabo a canola, em função da população de plantas do competidor e dos híbridos de canola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 271-278, 2008.

CARDOSO, G. D. **Períodos de interferência de plantas daninhas em Algodoeiro cultivares BRS safira e BRS verde**. 2009.60 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

CHAVARRIA, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2084-2089, 2011.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, - Safra 2017/18- Nono levantamento, Brasília, p. 1-178, junho 2018.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 6 - Safra 2018/19- n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-126, janeiro 2019.

DE MORI, C. et al. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da canola no mundo e no Brasil. **Passo Fundo: Embrapa Trigo**, p. 36, 2014.

EMBRAPA. **Empresa brasileira de pesquisa agropecuária**. Produção de canola cresce 36% no Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18379088/producao-de-canola-cresce-36-no-brasil>. Acesso em: 07 jan. 2018.

GALON, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 709-718, 2007.

GALON, L. et al. Interference periods of *Brachiaria plantaginea* in corn crops in Southern Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 779-788, 2008.

GALON, L. et al. Competitive ability of canola hybrids with weeds. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2015.

HARKER, K. N. et al. Environmental effects on the relative competitive ability of canola and small-grain cereals in a direct-seeded system. **Weed Science**, v. 59, n. 3, p. 404-415, 2011.

HARKER, K. N. et al. Weed interference impacts and yield recovery after four years of variable crop inputs in no-till barley and canola. **Weed Technology**, v. 27, n. 2, p. 281-290, 2013.

HOLMAN, J. D. et al. Persian darnel (*Lolium persicum*) fecundity response to spring wheat, canola, and sunflower interference. **Weed Technology**, v. 20, n. 2, p. 430-437, 2006.

KADIVAR, S. et al. Chemical evaluation of oil extracted from different varieties of Colza. **Journal of Food Technology and Nutrition**. v.7, n. p.19-29.2010.

KOZLOWSKI, L.A. et al. Épocas e extensões do período de convivência das plantas daninhas interferindo na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**. v. 27, n. 3, p. 481-490, 2009.

LEMERLE, D. et al. Comparative survey of weeds surviving in triazine-tolerant and conventional canola crops in south-eastern Australia. **Plant Protection Quarterly**, v.16, n.1, p.37-40, 2001.

LEMERLE, D. et al. Canola competition for weed suppression. In: **17th Australasian weeds conference. New frontiers in New Zealand: together we can beat the weeds. Christchurch, New Zealand, 26-30 September, 2010**. New Zealand Plant Protection Society, 2010. p. 60-62.

LEMERLE, D. et al. Agronomic interventions for weed management in canola (*Brassica napus* L.)—A review. **Crop Protection**, v. 95, p. 69-73, 2017.

LONG, D. S. et al. Development of dryland oilseed production systems in northwestern region of the USA. **BioEnergy Research**, v. 9, n. 2, p. 412-429, 2016.

MAAZ, T. et al. Influence of soil nitrogen and water supply on canola nitrogen use efficiency. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 5, p. 2099-2109, 2016.

MEDINA, P. et al. Sobrevivência de fungos associados ao potencial fisiológico de sementes de triticale durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 17-26, 2009.

MEZZALIRA, É. J. et al. Características agronômicas e teor de óleo da canola em função da época de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 934-938, 2014.

NICHELATI, F. D. et al. **Interferência de plantas daninhas na cultura da canola**. 2015. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação)- Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos - Graduação em Agronomia. Curitibanos, 2015.

PARREIRA, M. C. et al. Comparação entre métodos para determinar o período anterior à interferência de plantas daninhas em feijoeiros com distintos tipos de hábitos de crescimento. **Planta Daninha**, v.32, n.4, p.727-738, 2014.

PITELLI, R. A. et al. Efeito de período de controle de plantas daninhas na cultura de amendoim. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 389-397, 2002

PORTUGAL, J. Nível crítico de dano (NCD) de infestantes na cultura do tomate de indústria. VIDAL, RA; PORTUGAL, J.; SHORA NETO, F. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, p. 57-72, 2010.

RICHETTI, A. et al. **Cultura do algodão no cerrado: importância econômica**. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2003.

SALGADO, T. P. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 373-379, 2002.

SARDANA, V. et al. Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. **Crop Protection**, v. 95, p. 1-7, 2017.

SILVA, P. R. F. da; FREITAS, T. F. S. de. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 843-851, 2008.

TIRONI, S. P. et al. Time of emergency of ryegrass and wild radish on the competitive ability of barley crop. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1527-1533, 2014.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 2005.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

VARGAS, L. et al. **Seletividade de herbicidas para a canola PFB-2**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. 14 p. Embrapa Trigo. Documentos Online, 130).

VIDAL, R. A. et al. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, 2010.

WU, J.; MUIR, A. D. Comparative structural, emulsifying, and biological properties of 2 major canola proteins, cruciferin and napin. **Journal of food science**, v. 73, n. 3, p. C210-C216, 2008.

ZARE, M. et al. Competition of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars with weeds. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 6, p. 1378-1385, 2012.

## **APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS**

Este item é composto por dois artigos, os quais serão submetidos à análise em periódico de relevância, com o objetivo de publicação.

Os artigos foram elaborados utilizando respostas de dois experimentos de campo, objetivando verificar o melhor período de intervenção para controle de plantas daninhas na cultura da canola, cultivar Diamond, sendo os tratamentos separados em dois modelos de interferência: no primeiro, a canola conviveu com as plantas daninhas por períodos crescentes de 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE) e por todo o ciclo; sendo denominado de grupo de convivência e, no segundo, a cultura foi mantida livre da infestação pelos mesmos períodos descritos anteriormente, denominados de controle.

No segundo experimento foi avaliado o nível de dano econômico de populações de nabo m<sup>-2</sup>, infestante dos híbridos de canola Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond.

Diante do exposto, os artigos foram divididos de acordo com as análises, da seguinte forma:

### **ARTIGO I – Períodos de interferência de plantas daninhas em canola**

### **ARTIGO II – Interferência e nível de dano econômico de nabo infestante da canola**

Os artigos foram formatados segundo as normas da Revista Planta Daninha.

## ARTIGO I

### PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANOLA

**RESUMO** - As plantas daninhas, quando manejadas incorretamente, podem interferir no desenvolvimento e na produtividade da canola. Uma das formas para diminuir essa interferência é saber quais são os períodos que mais necessitam de controle das plantas daninhas. Desta forma, objetivou-se com o trabalho determinar os períodos de interferência de nabo, azevém e aveia-preta infestantes da cultura da canola. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram separados em dois modelos de interferência: no primeiro, a canola conviveu com as plantas daninhas por períodos crescentes até 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE) e por todo o ciclo; sendo denominado de grupo de convivência e, no segundo, a cultura foi mantida livre da infestação pelos mesmos períodos descritos anteriormente, denominados de controle. Aos 51 DAE determinou-se as variáveis relacionadas a morfofisiologia da canola e das plantas daninhas como; altura de plantas, número de plantas por metro, diâmetro de caule, área foliar, massa seca da parte aérea, teor de clorofila, taxa fotossintética, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, condutância estomática de vapores de água, eficiência de carboxilação e uso eficiente da água. Na colheita da cultura aferiu-se ainda o número de siliquas, massa de mil grãos e produtividade de grãos. As variáveis, taxa fotossintética, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, condutância estomática de vapores de água e eficiência de carboxilação relacionadas a fisiologia das plantas de canola não sofreram alterações pelos períodos de interferência e de controle das plantas daninhas. A competição do nabo, azevém e aveia preta em canola alteraram negativamente a altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, número de plantas por metro, a massa seca da parte aérea da cultura, o número de siliquas, a massa de mil grãos e a produtividade. Considerando-se 5% de tolerância na redução da produtividade da canola como custo de controle, o período anterior a interferência (PAI) foi de 25 dias após a emergência da cultura (DAE), o período crítico de prevenção a interferência compreendeu o intervalo entre 25 e 60 DAE e o período total de prevenção a interferência foi de 60 DAE. A interferência das plantas daninhas causaram uma redução de 94,05% na produtividade de grãos da canola quando estas conviveram por todo ciclo da cultura.

35 **Palavras-Chave:** *Brassica napus* var. *oleifera*, *Lolium multiflorum*, *Raphanus* sp.,  
36 *Avena strigosa*.

37

## 38 **PERIODS OF WEED PLANT INTERFERENCE IN CANOLA**

39

40 **ABSTRACT:** Weeds when handled incorrectly can interfere with the development and  
41 productivity of canola. One of the ways to reduce this interference is to know which  
42 periods require weed control. The objective of this work was to determine the periods of  
43 interference of turnip, ryegrass and black oats infesting the canola crop. The  
44 experimental design was a randomized block design with four replicates. The treatments  
45 being separated into two models of interference: in the first, the canola cohabited with  
46 weeds for increasing periods up until 0, 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after the  
47 emergency (DAE) and throughout the cycle; being called the coexistence group and, in  
48 the second, the culture was kept free of the infestation for the same periods described  
49 previously, called control. At 51 DAE the variables related to canola and weed  
50 morphophysiology were determined; plant height, stem diameter, leaf area, number of  
51 plants per meter, aerial dry mass, chlorophyll content, photosynthetic rate, internal CO<sub>2</sub>  
52 concentration, transpiration rate, stomatal conductance of water vapors, carboxylation  
53 efficiency and water efficiency. In the harvest of the crop, we also measured the number  
54 of silica, a thousand grain mass and grain yield. The variables, photosynthetic rate,  
55 internal CO<sub>2</sub> concentration, transpiration rate, stomatal conductance of water vapors,  
56 carboxylation efficiency and water efficiency related to the physiology of canola plants  
57 were not affected by periods of interference and weed control. The competition of  
58 turnip, ryegrass and black oats in canola negatively altered plant height, stem diameter,  
59 leaf area, number of plants per meter, dry mass of the aerial part of the crop, the number  
60 of silica, the mass of a thousand grains and productivity. Considering a 5% tolerance in  
61 the reduction of canola productivity as control cost the period before interference (PAI)  
62 was 25 days after the emergence of the culture (DAE), the critical period of prevention  
63 of interference included the interval between 25 and 60 DAE and the total period of  
64 prevention of interference was 60 DAE. Weed interference caused a reduction of 94.5%  
65 in the yield of canola grains when they coexisted throughout the crop cycle.

66 **Key-Words:** *Brassica napus* var. *oleifera*, *Lolium multiflorum*, *Raphanus* sp., *Avena*  
67 *strigosa*.

68

## INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. variedade oleífera) é uma das plantas oleaginosas mais produzidas mundialmente (Kirkegaard et al., 2018). Ela tem um grande potencial para produção de grãos no Brasil, por ser uma alternativa econômica para os produtores, pois pode ser utilizada para a rotação de culturas, ou mesmo para a fabricação de óleos vegetais (Angus et al., 2015). O montante de canola produzido no Brasil na safra 2017/18 foi de 49,5 mil toneladas (Conab 2019), sendo os estados da região Sul são os que mais tem participado para se alcançar essa cifra.

O óleo da canola pode ser utilizado para o consumo humano, devido as suas propriedades, sendo classificado como um alimento funcional, podendo também ser utilizado para a produção de biodiesel (Grassano et al., 2011). No Brasil cultiva-se apenas a canola de primavera, obtida através do melhoramento genético da Colza, no qual ela apresenta baixos níveis de ácido erúcido, glucosinolatos e gorduras. O ácido erúcido e o glucosinolatos apresentam alta toxidez para os seres humanos e animais quando ingeridos em altas doses, pois podem causar lesões cardíacas, lipidose do miocárdio. Em animais o glucosinolato afeta o paladar, reduz o ganho de peso e pode causar problemas de reprodução (Tomm et al., 2009; Kadivar et al., 2010; Enjalbert et al., 2013).

A cultura da canola assim como todo cultivo agrícola está sujeito a competição por luz, água e nutrientes com as demais plantas presentes na área, que são indesejadas no cultivo, conhecidas como plantas daninhas (Tomm, 2005; Swanton et al., 2015; Long et al., 2016; Sardana et al., 2017). Dentre as principais culturas de inverno, a canola quando comparada com trigo e cevada, apresenta baixa capacidade competitiva quando infestada por plantas daninhas (Hashem et al., 2010).

Em uma comunidade de plantas a competição depende de vários fatores, dentre eles os principais são: à cultura na qual estão presentes as espécies daninhas, cultivares e populações de plantas, o nicho ecológico (com sua composição específica, densidade e distribuição), o manejo adotado, tanto para a cultura, quanto para as plantas daninhas e também o período de convivência da cultura com a comunidade infestante (Bachega et al., 2013).

Sabe-se que as plantas daninhas causam perdas na produtividade de grãos, reduzem a qualidade do produto colhido, diminuem o valor da terra, hospedam insetos e doenças e algumas podem ainda serem tóxicas ao homem e aos animais (Shekhawat et al., 2017). A magnitude das perdas da produção agrícola são determinadas pela duração

103 e pela intensidade com que ocorre a competição das plantas daninhas com a cultura, e  
104 para fim de evitar ou reduzir essas perdas são necessários programas de manejos  
105 diversificados e eficazes (Chauhan e Opeña, 2013; Swanton et al., 2015).

106 A infestação de plantas daninhas pode reduzir o rendimento das culturas quando  
107 não se adotar nenhum método de manejo. Por exemplo, as plantas daninhas na cultura  
108 do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) podem causar uma perda de até 95% (Bachega et  
109 al., 2013). Na canola quanto maior a proporção de plantas de nabo e de azevém menor  
110 foi a área foliar da cultura (Galon et al., 2015). O nabo quando não controlado causa  
111 perdas de até 90% na produção da canola em virtude principalmente do sombreamento  
112 que é imposto à cultura (Blackshaw et al., 2002). Além das perdas de produtividade  
113 quando a canola compete com o nabo pode-se ainda ter redução da qualidade do  
114 produto colhido. Diferentes períodos de sombreamento feitos com tela de nylon na  
115 canola causaram estresse na cultura e fizeram com que esta reduzisse o teor de óleo das  
116 sementes (Kirkegaard et al., 2018).

117 As plantas cultivadas apresentam menor capacidade de competição, pois estas  
118 foram submetidas a vários processos de melhoramento, tanto na sua estrutura como no  
119 seu potencial produtivo, em consequência de sua intensa utilização pelo homem para  
120 suprir as exigências da demanda de alimentos (Fontes et al., 2003). De maneira geral,  
121 sabe-se que quanto mais longo for o período de convivência da cultura com a  
122 comunidade infestante, maior será o grau de interferência (Pitelli, 1987; Resende e  
123 Costa, 2007).

124 Os períodos de interferência das plantas daninhas e cultivadas são conhecidos  
125 como: período total de prevenção da interferência (PTPI), período anterior à  
126 interferência (PAI) e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI). Realizando  
127 o estudo desses três períodos pode-se determinar qual a melhor época para se efetuar  
128 controle das plantas daninhas ao infestarem uma determinada cultura (Pitelli e Durigan,  
129 1984).

130 Sabe-se que o PAI é o período em que as plantas daninhas convivem por um  
131 determinado tempo no início do ciclo da cultura, sem que ocorram prejuízos à espécie  
132 cultivada. Já o PTPI, corresponde ao período em que, após a emergência, a cultura tem  
133 que se desenvolver livre da presença de plantas daninhas, para que sua produtividade  
134 não seja reduzida significativamente (Kozlowzki et al., 2002). Espécies de plantas  
135 daninhas que se instalarem após o PTPI não mais terão condições significativas de  
136 interferir sobre a produtividade da planta cultivada, onde a cultura possui capacidade de

137 suprimir as plantas daninhas que vierem a emergirem. Entre o PAI e o PTPI, ocorre um  
138 terceiro período chamado período crítico de prevenção à interferência (PCPI), no qual a  
139 cultura deve estar livre das plantas daninhas para que as perdas não comprometam os  
140 lucros do produtor (Gazziero et al., 2001).

141 A hipótese do trabalho foi de que quanto mais tempo a canola cultivar Diamond  
142 conviver com as plantas daninhas, nabo, azevém e aveia-preta, maiores serão as perdas  
143 de produtividades de grãos da cultura.

144 Neste sentido, este trabalho teve por objetivo determinar os períodos de  
145 interferência de nabo, azevém e aveia-preta infestantes da cultura da canola.

146

147

## MATERIAL E MÉTODOS

148 O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da  
149 Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim, no ano agrícola 2017/18. O solo da área  
150 experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, Unidade  
151 de mapeamento Erechim (Streck et al., 2008), apresentando teor de argila maior que  
152 60%. A adubação do solo foi efetuada de acordo com a análise físico-química,  
153 seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura (SBCS, 2016), sendo utilizado  
154 350 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante da formulação 05-20-20 (N-P-K) no momento da semeadura  
155 da canola.

156 Cada unidade experimental foi constituída por uma área de 15 m<sup>2</sup> (5 x 3 m),  
157 sendo a semeadura realizada em sistema de plantio direto em 14/06/2017. Para a  
158 semeadura foi utilizada uma semeadora/adubadora com seis linhas, espaçadas a 50 cm  
159 entre si. O híbrido de canola utilizado foi a Diamond na densidade de 50 plantas m<sup>-2</sup>.

160 O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro  
161 repetições, sendo os tratamentos separados em dois modelos de interferência: no  
162 primeiro, a canola conviveu com as plantas daninhas por períodos crescentes até 0, 7,  
163 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE) e por todo o ciclo (133 DAE); sendo  
164 denominado de grupo de convivência e, no segundo, a cultura foi mantida livre da  
165 infestação pelos mesmos períodos descritos anteriormente, denominados de controle.

166 Para fazer a remoção das plantas daninhas ao final de cada período de  
167 convivência e/ou de controle foram realizadas capinas manuais com auxílio de uma  
168 enxada.

169 Aos 51 dias após a emergência da canola foram avaliados: a altura de plantas  
170 (cm) e o diâmetro de caule (mm) de forma aleatória em 10 plantas de cada unidade

171 experimental, número de plantas por m<sup>2</sup>. Para a avaliação da altura de plantas foi  
172 utilizada uma régua graduada em milímetros. O diâmetro de caule foi avaliado com a  
173 utilização de um paquímetro digital a 5 cm do solo. Nessa mesma época determinou-se  
174 o teor de clorofila (TC), a taxa fotossintética, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a taxa de  
175 transpiração, a condutância estomática de vapores de água, a eficiência de carboxilação,  
176 o uso eficiente da água, a área foliar, a massa seca da parte aérea da cultura e das plantas  
177 daninhas.

178 Para aferir o teor de clorofila (TC), foi utilizado um clorofilômetro portátil  
179 modelo SPAD 502 – Plus, determinando-se as medidas em cinco pontos de cada planta,  
180 nas folhas inferiores, medianas e superiores do dossel. Já a taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol}$   
181  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E - \text{mol}$   
182  $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática de vapores de água ( $G_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), eficiência de  
183 carboxilação ( $EC - \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e uso eficiente da água ( $UEA - \text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ )  
184 foram aferidos no terço médio da última folha completamente expandida das plantas. A  
185 eficiência da carboxilação ( $EC - \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e a eficiência do uso da água ( $UEA -$   
186  $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) foram calculadas a partir da razão das variáveis  $A/C_i$  e  $A/E$ ,  
187 respectivamente. Para isso, utilizou-se um analisador de gases no infravermelho  
188 (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon,  
189 UK). Cada bloco foi avaliado sob iluminação natural em um dia, entre oito e dez horas  
190 da manhã, em condições de céu limpo, de forma que se mantivessem as condições  
191 ambientais homogêneas durante as análises.

192 Para aferir a área foliar ( $\text{cm}^2 \text{m}^{-2}$ ) utilizou-se um medidor portátil de área foliar  
193 modelo CI-203 BioScience, quantificando-se a variável em uma área de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x  
194 0,5 m) em cada parcela. Após a determinação da AF as plantas foram acondicionadas  
195 em sacos de papel e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a  
196 temperatura de 60±5°C, até o material atingir massa constante para aferir-se a massa  
197 seca da parte aérea das espécies.

198 Na época da colheita foram determinados os componentes do rendimento de  
199 grãos de canola expressos por: número de síliquas por planta (contadas em três plantas),  
200 massa de mil grãos e produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). A massa de mil grãos (g) foi  
201 determinada contando-se 8 amostras de cem grãos cada e pesando-se as mesmas em  
202 balança analítica. A quantificação da produtividade de grãos foi obtida pela colheita  
203 manual das plantas em área útil de 3 x 1,5 m, de cada unidade experimental, quando o  
204 teor de umidade dos grãos atingiu aproximadamente 18%. Após a pesagem dos grãos,

205 foi determinada a sua umidade, sendo as massas corrigidas para teor de 10% de  
206 umidade e os valores expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

207 Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em sendo  
208 significativos determinou-se o PAI (período anterior à interferência), PCPI (período  
209 crítico de prevenção a interferência) e o PTPI (período total de prevenção a  
210 interferência) do nabo, do azevém e da aveia preta sobre a cultura da canola. Para a  
211 determinação dos períodos de interferência foi utilizada a variável produtividade de  
212 grãos (kg ha<sup>-1</sup>) da cultura, conforme metodologia proposta por Pitelli e Durigan (1984).

213 Para as demais variáveis foi aplicado o teste “t” de Student para avaliar os  
214 efeitos dos períodos de convivência e de controle entre as plantas daninhas e a cultura; e  
215 regressões lineares e não lineares para os períodos de convivência e controle a 5% de  
216 probabilidade de erro.

217 Os dados de produtividade, padronizados para 10% de umidade base seca e  
218 expressos em kg ha<sup>-1</sup>, foram submetidos a análise de regressão pelo modelo de regressão  
219 não-linear. Este modelo obedece a seguinte equação logística:

$$Y = \frac{a}{[1 + (\frac{x}{b})^c]}$$

220

221 onde: Y= produtividade de grãos, x= número de dias após a emergência da  
222 cultura da canola; a= produtividade máxima obtida na testemunha limpa; e b= número  
223 de dias em que ocorre 50% da redução na produtividade máxima; e c= declividade da  
224 curva. Com base nas equações de regressões, foram determinados os períodos de  
225 interferência das plantas daninhas sobre a canola, subtraindo-se 5% da produtividade  
226 máxima estimada nas equações de regressão em relação ao tratamento mantido na  
227 ausência de infestação, valor considerado como custo da adoção de controle.

228

229

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

230 Em relação aos parâmetros fisiológicos observou-se pequena variação entre os  
231 tratamentos, o que diferiu foi apenas os períodos onde a cultura foi mantida livre e/ou  
232 infestada de plantas daninhas por todo ciclo (Tabelas 1,2, 3 e 4; Figuras 1, 2, 3 e 4).  
233 Esses resultados corroboram com os relatados por Bastiani et al. (2016), ao avaliarem a  
234 competitividade de cultivares de soja com capim-arroz ao não encontrarem resultados  
235 significativos para as variáveis fisiológicas da cultura na presença de planta daninha.

236 A concentração interna de CO<sub>2</sub> e a taxa de fotossíntese não foram alterados  
237 significativamente com o aumentaram da densidade de plantas de buva (*Conyza* sp.),  
238 corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), papuã (*Urochloa plantaginea*) e picão-preto  
239 (*Bidens pilosa*), no estudo que visava analisar a competição interespecífica entre as  
240 plantas daninhas vivendo em comunidade (Thiel et al., 2018).

241 A taxa de transpiração e o uso eficiente da água apresentaram variância apenas  
242 nos tratamentos testemunhas, mas os dados não se ajustaram aos modelos testados  
243 (Figura 1). O papuã demonstrou elevada eficiência no uso da água e na abertura  
244 estomática, sendo assim essa espécie irá crescer e se desenvolver mais que outras  
245 plantas ao seu redor e caso seja uma cultura em virtude da competição poderá produzir  
246 menos do que na ausência de plantas daninhas (Thiel et al., 2018).

247 Observou-se no período de 0 dias de convivência e 7 dias após a emergência de  
248 controle diferença para o uso eficiente da água (Tabela 2). A eficiência no uso da água  
249 está relacionada com a incorporação do CO<sub>2</sub> e com a quantidade de água que é perdida  
250 nesse mesmo período em que a planta está transpirando (Gurevitch et al., 2009). Ao  
251 avaliarem a competitividade de cultivares de soja com capim-arroz não foram  
252 encontrados resultados significativos para o uso eficiente da água, mas para a  
253 condutância estomática encontraram resultados significativos (Bastiani et al., 2016).

254 A condutância estomática (GS) não apresentou ajuste dos dados aos modelos  
255 testados (Figura 2). Os valores da condutância estomática podem estar ligados, em  
256 parte, ao tipo de folhas que foram amostradas bem como ao envelhecimento das  
257 mesmas. Os maiores picos de condutância estomática são alcançados logo após a  
258 emergência da folha, onde permanece constante por mais algum tempo e depois vai  
259 diminuindo à medida que a folha se desenvolve (Motzo et al., 2013).

260 Na Tabela 3 observou-se que a atividade fotossintética apresentou pequenas  
261 variações tanto nos períodos de controle como de convivência, mas não ocorreu ajustes  
262 aos modelos testados (Figura 3). Em milho a atividade fotossintética também não  
263 apresentou diferença quando esse conviveu com as plantas daninhas por um  
264 determinado período ou mesmo quando a cultura foi mantida livre da infestação (Lemos  
265 et al., 2012).

266 Na cultura do trigo maiores densidades de semeadura resultam em menores taxas  
267 de atividade fotossintética, devido à fraca irradiância da luz causada pela sombra gerada  
268 pela alta densidade de plantas (Fang et al., 2018).

269 Na cultura do girassol, tanto na testemunha sem controle das plantas daninhas,  
270 como para os tratamentos onde foi realizado o controle, não foram encontrados  
271 resultados significativos para as variáveis; eficiência de carboxilação, atividade  
272 fotossintética, eficiência no uso da água, condutância estomática, concentração interna  
273 de CO<sub>2</sub> e taxa de transpiração (Reis et al., 2014).

274 De acordo com os resultados obtidos pode-se observar na Tabela 4 e na Figura 4,  
275 que a massa seca da parte aérea e o número de plantas de canola apresentam valores  
276 menores quando em competição com as plantas daninhas nabo, azevém e aveia-preta. A  
277 competição exercida pelas plantas daninhas, picão-preto (*Bidens* sp.) e guanxuma (*Sida*  
278 *rhombifolia*), na cultura da soja durante o período vegetativo fez com que ocorresse  
279 diminuição na estatura das plantas e na massa seca (Bianchi et al., 2010), provavelmente  
280 pelo fato dessas daninhas causarem sombreamento na cultura.

281 A massa seca da canola sofreu redução, conforme foi convivendo, por períodos  
282 crescentes com as plantas daninhas (Figura 4), fato esse provavelmente relacionado com  
283 a competição por água, luz e nutrientes que ocorreu entre as espécies. No período em  
284 que a cultura permaneceu sempre livre das plantas daninhas sua massa seca foi 79,21%  
285 maior do que quando a canola esteve sempre em competição. Ao se comparar o controle  
286 *versus* convivência por 7 e 14 DAE as perdas de massa seca foram de aproximadamente  
287 de 41% (Tabela 4). Em rabanete as plantas daninhas causaram diminuição na massa  
288 seca, sendo que esta cultura precisa estar livre da competição a partir do 5° DAE, após  
289 isso, é necessário que se faça o controle para possibilitar maior e melhor crescimento  
290 das plantas (Dos Santos et al., 2015). O azevém em altas densidades pode causar  
291 redução drástica da massa seca da cevada, tanto ele emergindo antes como também  
292 junto com a cultura (Galon et al., 2011; Tironi et al., 2014).

293 Para o número de plantas m<sup>-2</sup> não houve influência do tempo de convivência,  
294 provavelmente isso se deve pelo fato da planta daninha se estabelecer no mesmo  
295 momento ou após o estabelecimento da cultura, conseqüentemente não há alteração no  
296 número de plantas, mas ocorre menor crescimento das plantas de canola (Tabela 4).

297 Observou-se redução de 29,46% na altura de plantas de canola quando a cultura  
298 conviveu todo o ciclo com as plantas daninhas (Tabela 5). A altura das plantas de canola  
299 nos períodos de 7 e 14 DAE foi maior no tratamento controle (Figura 5). Esse fato pode  
300 estar relacionado com a competição que ocorreu por luz, onde fez com que a cultura  
301 aumentasse o acúmulo de fotoassimilados no crescimento do caule. A competição por  
302 luz pode fazer com que as plantas invistam mais no desenvolvimento de caules em

303 detrimento de outros órgãos visando atingir maior estatura como estratégia para  
304 aumentar a captação de luminosidade (Castro e Garcia, 1996).

305 O recurso luz é um dos principais limitadores do crescimento inicial da  
306 comunidade vegetal e pode refletir diretamente no potencial produtivo da cultura (Page  
307 et al., 2010). A ocorrência de plantas daninhas afeta o crescimento de plantas de canola,  
308 pois a cultura não consegue interceptar uma quantidade de luz suficiente para se  
309 desenvolver adequadamente (Li et al., 2018). Na cultura do sorgo as plantas daninhas  
310 também causaram redução na altura das plantas, pois o sorgo tem crescimento inicial  
311 lento o qual favoreceu o desenvolvimento da comunidade infestante (De Oliveira et al.,  
312 2016; Diniz et al., 2017).

313 Ocorreu interferência negativa na altura de plantas de crambe (*Crambe*  
314 *abyssinica*) à medida que se aumentou os períodos de convivência da cultura com a  
315 comunidade infestante composta por 21 espécies de plantas daninhas (Marques, 2012).  
316 Houve redução no comprimento da parte aérea de plantas de grão de bico que estavam  
317 em convívio com as plantas daninhas, capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*),  
318 braquiária-brizantha (*Urochloa brizantha*), braquiária-ruziziensis (*Urochloa*  
319 *ruziziensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e  
320 trapoeraba (*Commelina benghalensis*) (Amaral et al., 2015). Desse modo perceber-se  
321 que a interferência de plantas daninhas em diferentes culturas também ocasiona redução  
322 do crescimento das plantas, o que corrobora com os resultados encontrados no presente  
323 estudo.

324 Para o teor de clorofila (Figura 5) não houve ajuste dos dados aos modelos  
325 testados e também não houve significância ao se aplicar o teste “t” de Student (Tabela  
326 5). Contrariamente ao observado no presente estudo, Amaral et al. (2015) relataram que  
327 as plantas daninhas reduziram o teor de clorofila da cultura do grão de bico e que esse  
328 fato pode ser caracterizado como um indicativo de que a planta sofreu estresses biótico  
329 e abióticos resultando em alterações na atividade fotossintética.

330 A área foliar onde as plantas de canola não conviveram com as plantas daninhas,  
331 nabo, azevém e aveia-preta, foi de 60,54% maior do que onde a cultura conviveu todo  
332 ciclo com as plantas daninhas (Tabela 6). No período de 7 e 14 DAE a redução na área  
333 foliar foi de 34,40 e de 45,76% ao se comparar o período de convivência com o controle  
334 dos respectivos tratamentos (Figura 6). Provavelmente esse efeito foi provocado pela  
335 competição por luz (sombreamento), dificultando que a cultura absorvesse radiação  
336 solar suficiente, causando assim um desequilíbrio no balanço fotossintético, vindo a

337 interferir na emissão de novas folhas na cultura. Enquanto que nos tratamentos 28 e 35  
338 DAE não foi observado diferença significativa na área foliar e no diâmetro de plantas  
339 entre a convivência e o controle (Tabela 6).

340 O nabo e o azevém quando em competição com híbridos de canola ocasionaram  
341 diminuição na área foliar da cultura (Galon et al., 2015). Avaliando a competição de  
342 aveia-preta com o crambe, Concenço et al. (2015), verificaram que a planta daninha  
343 causou redução de 74% na área foliar da cultura quando esta desenvolveu-se na  
344 presença do competidor.

345 O aumento dos períodos de convivência e a redução dos períodos de controle de  
346 plantas daninhas na cultura do sorgo ocasionaram diminuição das variáveis, altura de  
347 plantas, massa de mil grãos, diâmetro do colmo e rendimento de grãos da cultura  
348 (Cabral et al., 2013). A ausência de controle das plantas daninhas em 15 espécies  
349 diferentes, gerou efeito negativo sobre o diâmetro de colmo das plantas de sorgo (Silva  
350 et al., 2014). Em trigo as plantas daninhas quando emergem simultaneamente com a  
351 cultura afetam os componentes de rendimento (Fahad et al., 2015). Os mesmos autores  
352 relatam ainda que ocorrer um atraso de 60 dias no surgimento, conseqüentemente  
353 ocorrerá uma diminuição da altura das plantas, da biomassa da parte aérea e do número  
354 de sementes por planta das plantas daninha, permitindo assim que ocorra 27% a mais de  
355 rendimento de grãos de trigo.

356 Em canola o espaçamento reduzido e a alta densidade de plantas diminuem a  
357 área foliar, devido a competição intraespecífica por água, luz, nutrientes e CO<sub>2</sub>  
358 (Chavarria et al., 2011). A área foliar do grão de bico foi o principal componente  
359 afetado devido à convivência da cultura com as plantas daninhas capim-pé-de-galinha  
360 (*Eleusine indica*), braquiária-brizantha (*Urochloa brizantha*), braquiária-ruziziensis  
361 (*Urochloa ruziziensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), picão-preto (*Bidens*  
362 *pilosa*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) (Amaral et al., 2015).

363 Quanto ao diâmetro de caule com o aumento da convivência da cultura com as  
364 plantas daninhas ocorreu diminuição do mesmo (Figura 6). Pode-se dizer que esse  
365 resultado é similar ao encontrado para altura de plantas, pois devido a competição a  
366 planta investe mais fotoassimilados em altura e menor quantidade no engrossamento do  
367 caule, conforme observaram Castro e Garcia (1996), quando estudaram a competição de  
368 plantas com ênfase no recurso luz.

369 O número de síliquas sofreu redução conforme aumentou-se o período de  
370 competição (Figura 7). Isso pode estar relacionado com a competição que fez com que

371 as plantas de canola diminuíssem a produção de ramos secundários bem como a  
372 produção de carboidratos durante o período de floração. A canola quando em  
373 competição com mostarda selvagem, teve redução no número de siliquas (Aslani et al.,  
374 2015), resultados estes que corroboram com o presente estudo. O máximo número de  
375 siliquas foi observado no tratamento com 28 dias de convivência entre a canola e as  
376 plantas daninhas (Figura 7), sendo provavelmente esse o período onde a cultura  
377 expressa o referido componente de rendimento.

378 A massa de mil grãos de canola sofreu redução nos períodos de controle dos 0  
379 até os 14 DAE e a partir dos 21 DAE não houve diferença significativa entre o controle  
380 e a convivência (Tabela 7), pois a partir deste período o tratamento controle já tinha sido  
381 afetado de tal modo que mesmo fazendo o manejo das plantas daninhas a cultura não  
382 tinha mais potencial para produzir. A interferência de plantas daninhas na cultura do  
383 milho reduziu a massa de mil grãos, conforme ocorreu o aumento do tempo de  
384 competição entre a cultura com a planta daninha (Safdar et al., 2016).

385 Como o número de siliquas por planta sofreu influência devido à convivência  
386 com as plantas daninhas, a massa de mil grãos também sofreu redução. A interferência  
387 de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), braquiária-brizantha (*Urochloa brizantha*),  
388 braquiária-ruzizensis (*Urochloa ruzizensis*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*),  
389 picão-preto (*Bidens pilosa*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) reduziram a  
390 qualidade e a produtividade de grão de bico, e também diminuíram o número de vagens  
391 e a massa de mil grãos, quando a cultura conviveu com as plantas daninhas por todo o  
392 ciclo (Teixeira et al., 2017), resultados estes que corroboram com este estudo.

393 As perdas de safra podem ser mais rigorosas quando as plantas daninhas e as  
394 culturas emergem simultaneamente e sob condições limitadas de recursos (Fahad et al.,  
395 2015). A competição de nabo (*Raphanus raphanistrum*) nas densidades de 4 e 64  
396 plantas m<sup>-2</sup> ao emergirem junto com a canola causaram redução no rendimento da  
397 cultura de 9 a 11% e de 77 a 91%, respectivamente (Blackshaw et al., 2002).

398 Os resultados demonstram que a cultura da canola pode conviver com a  
399 comunidade infestante de plantas daninhas por até 25 dias após a emergência sem que  
400 ocorram perdas significativas, onde este período é denominado período anterior à  
401 interferência - PAI (Figura 8). Conforme foi ocorrendo um aumento no período em que  
402 as plantas daninhas conviveram com a cultura o rendimento de grãos foi reduzindo, bem  
403 como a massa de mil grãos, a altura das plantas, o diâmetro do caule e a área foliar e o  
404 número de siliquas por planta.

405 O período crítico de prevenção a interferência (PCPI) vai dos 25 aos 60 DAE e o  
406 período total de prevenção a interferência (PTPI) até os 60 DAE. Martin et al. (2001)  
407 observaram que o PCPI para a canola vai dos 17 aos 38 DAE da cultura, sendo que após  
408 esse período as plantas daninhas que emergirem não causam mais perdas na  
409 produtividade da cultura.

410 As diferenças de resultados encontradas no estudo de Martin et al. (2001) e da  
411 presente pesquisa se devem alguns fatores como; cultivar, espaçamento, características  
412 de solo e de clima, manejo e tratos culturais adotados, bom como a comunidade  
413 infestante.

414 A produtividade de grãos da canola foi de 1009 kg ha<sup>-1</sup> onde a cultura  
415 permaneceu sempre livre de plantas daninhas e já onde ela estava infestada por todo o  
416 ciclo foi de 60 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando uma redução de 94,05%. Isso se deve  
417 principalmente pela grande competição causada pelas plantas daninhas (nabo, azevém e  
418 aveia-preta) que infestaram e competiram com a cultura.

419 Observou-se reduções de produtividade de grãos dos híbridos de canola, Okapi e  
420 Hyola 308, de 31,8 e 67,6%, respectivamente ao competirem com as plantas daninhas  
421 que emergiram voluntariamente (Zare et al., 2012). *Lolium persicum* (azevém)  
422 competindo com a canola causou 70% de perdas no rendimento de grãos da cultura  
423 (Holman et al., 2004). A densidade e as espécies de plantas, o genótipo envolvido na  
424 competição, os manejos e os tratos culturais, as condições edafoclimáticas, bem como o  
425 grau de infestação das plantas daninhas afetam significativamente os componentes de  
426 produção e produtividade da canola (Zuo et al., 2017). Para que não haja perdas de  
427 produtividade da canola, mesmo sendo essa uma cultura relativamente competitiva com  
428 as plantas daninhas é necessário que se faça um correto manejo e controle das plantas  
429 infestantes que venham a se desenvolver junto com a cultura (Harker et al., 2013).

430 As variáveis fisiológicas, taxa fotossintética, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa  
431 de transpiração, condutância estomática de vapores de água, eficiência de carboxilação  
432 e uso eficiente da água não apresentaram variação significativa. A massa seca teve  
433 redução de 79,21% quando a cultura da canola esteve sempre em competição com as  
434 plantas daninhas azevém, nabo e aveia preta. Já o número de plantas por metro  
435 quadrado não sofreu influência do período de convivência. A altura das plantas de  
436 canola apresentou redução de 29,46% quando a cultura conviveu todo o ciclo com as  
437 plantas daninhas. A área foliar teve redução de 60,54% onde as plantas de canola  
438 conviveram com as plantas daninhas nabo, azevém e aveia-preta por todo ciclo. O

439 diâmetro de caule reduziu com o aumento do período da convivência da cultura com as  
440 plantas daninhas. O número de siliquis e a massa de mil grãos também sofreu redução  
441 conforme aumentou-se o período de competição com as plantas daninhas nabo, azevém  
442 e aveia-preta.

443 O período anterior a interferência (PAI) das plantas daninhas azevém, nabo e  
444 aveia preta vai até 25 DAE da canola. O período crítico de prevenção a interferência  
445 (PCPI) para a cultura da canola vai dos 25 aos 60 DAE. E o período total de prevenção  
446 a interferência (PTPI) é de 60 DAE. A interferência das plantas daninhas reduziu em  
447 94,05% a produtividade de grãos da canola quando essa não recebeu controle de  
448 azevém, nabo e aveia preta.

449

450

451

## REFERÊNCIAS

452 Amaral, C. L. do et al. Relações de interferência entre plantas daninhas e a cultura do  
453 grão-de-bico. **Bioscience Journal**. 2015; 31: 37-46.

454 Angus, J. F. et al. Break crops and rotations for wheat. **Crop and Pasture Science**.  
455 2015; 66: 523-552.

456 Aslani, S.; Saeedipour, S. Competitive interaction of canola (*Brassica napus*) against  
457 wild mustard (*Sinapis arvensis*) using replacement series method. **Walia Journal**.  
458 2015; 31: 111-116.

459 Bacheга, L.P.S et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do quiabo.  
460 **Planta Daninha**. 2013; 31: 63-70.

461 Bastiani, M. O. et al. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-  
462 arroz. **Bragantia**. 2016; 75: 435-445.

463 Bianchi, M. A. et al. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da  
464 interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**. 2010; 28: 979-991.

465 Blackshaw, R. E. et al. Influence of wild radish on yield and quality of canola. **Weed  
466 Science**. 2002; 50: 344-349.

467 Cabral, P. H. R. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em  
468 safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2013; 43: 308-314.

469 Castro, C. R. T.; Garcia, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso  
470 luz. **Ciência Rural**. 1996; 26: 167-174.

471 Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira.  
472 [Acesso em 25 de jan. de 2019].

473 Concenço, G. et al. Growth of crambe under presence or absence of inter-specific  
474 competition. **Revista Ceres**. 2015; 62: 460-468.

475 Chavarria, G. et al. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de  
476 espaçamento e de densidade de semeadura. **Ciência Rural**. 2011; 41: 2084-2089.

477 Chauhan, B. S.; Opeña, J. Implications of plant geometry and weed control options in  
478 designing a low-seeding seed-drill for dry-seeded rice systems. **Field Crops Research**.  
479 2013; 144: 225-231.

480 De Oliveira, R. M. et al. Interferência de plantas daninhas em sorgo sacarino em  
481 diferentes espaçamentos no semiárido mineiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**.  
482 2016; 15: 482-490.

483 Diniz, G. et al. Período anterior à interferência de plantas daninhas em sorgo granífero e  
484 forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. 2017; 15: 471-481.

- 485 Dos Santos, V. M. et al. Análise do crescimento de rabanete em função de períodos de  
486 convivência com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**.  
487 2015; 5: 121-129.
- 488 Enjalbert, J. N. et al. Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed quality  
489 traits under drought stress. **Industrial Crops and Products**. 2013; 47: 176-185.
- 490 Fahad, S. et al. Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by row spacing  
491 and weed emergence times. **Crop Protection**. 2015; 71: 101-108.
- 492 Fang, X. et al. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf  
493 photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat  
494 (*Fagopyrum esculentum* M.). **Field Crops Research**. 2018; 219: 160-168.
- 495 Fontes, J. R. A.; et al. Manejo integrado de plantas daninhas. In. Manejo integrado de  
496 pragas, doenças e plantas daninhas em grãos e fruteiras: anais. 2003. Belém, PA:  
497 Embrapa Amazônia Oriental. 2003. CD ROM.
- 498 Galon, L. et al. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com  
499 azevém. **Planta Daninha**. 2011; 29: 771-781.
- 500 Galon, L. et al. Competitive ability of canola hybrids with weeds. **Planta Daninha**.  
501 2015; 33: 413-423.
- 502 Gazziero, D. L. P. et al. As plantas daninhas e a semeadura direta. **Londrina: Embrapa**  
503 **Soja**. 2001; 33: 59 p.
- 504 Grassano, N. et al. Evaluation of rapeseed cultivation suitability in Apulia with GIS-  
505 multicriteria analysis. **Italian Journal of Agronomy**. 2011; 6: 16 p.
- 506 Gurevitch, J. et al. **Ecologia Vegetal-2**. Porto Alegre- RS, Artmed Editora, 2009.
- 507 Hashem, A. et al. **Weed suppression by crop competition in three crop species in**  
508 **Western Australia**. In: 17th Australasian weeds conference. New frontiers in New  
509 Zealand: together we can beat the weeds. Christchurch, New Zealand, 26-30 September,  
510 2010. New Zealand Plant Protection Society, 2010. p. 63-66.
- 511 Harker, K. N. et al. Weed interference impacts and yield recovery after four years of  
512 variable crop inputs in no-till barley and canola. **Weed Technology**. 2013; 27: 281-290.
- 513 Kadivar, S. et al. Chemical Evaluation of Oil Extracted from Different Varieties of  
514 Colza. **Journal of Food Technology and Nutrition**. 2010;7: 19-26.
- 515 Holman, J. D. et al. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian dandelion  
516 (*Lolium persicum*) interference. **Weed technology**. 2004; 18: 509-520.
- 517 Kadivar, S. et al. Chemical Evaluation of Oil Extracted from Different Varieties of  
518 Colza. **Journal of Food Technology and Nutrition**. 2010; 7: 19-26.
- 519 Kirkegaard, J. A. et al. The critical period for yield and quality determination in canola  
520 (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**. 2018; 222: 180-188.

- 521 Kozłowski, L. A. et al. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura  
522 do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. **Planta daninha**. 2002; 20 (2):  
523 213-220.
- 524 LEMOS, J. P. et al. Morfofisiologia de plantas de milho em competição com picão-  
525 preto e trapoeraba submetidas a roçada. **Planta Daninha**. 2012; 30 (3): 487-496.
- 526 Li, X. et al. Higher density planting benefits mechanical harvesting of rapeseed in the  
527 Yangtze River Basin of China. **Field Crops Research**. 2018; 218: 97-105.
- 528 Long, D. S. et al. Development of dryland oilseed production systems in northwestern  
529 region of the USA. **BioEnergy Research**. 2016; 9: 412-429.
- 530 Marques, R. F. **Período de interferência de plantas daninhas e seletividade a**  
531 **herbicidas na cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)**. Tese de Doutorado.  
532 Universidade Federal da Grande Dourados. 2012, 70 p.
- 533 Marques, L. J. P et al. Interferência das plantas daninhas na cultura da berinjela. **Revista**  
534 **Caatinga**. 2017; 30 (4): 866-875.
- 535 Martin, S. G. et al. Critical period of weed control in spring canola. **Weed Science**.  
536 2001; 49: 326-333.
- 537 Motzo, R. et al. The role of stomatal conductance for water and radiation use efficiency  
538 of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. **European journal of**  
539 **agronomy**. 2013; 44: 87-97.
- 540 Page E.R. et al. Shade avoidance: Na integral componente of cropweed competition.  
541 **Weed Research**. 2010; 50: 281-288.
- 542 Pitelli, R. A.; Durigan, J. C. **Terminologia para períodos de controle e de**  
543 **convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais**. In: Congresso  
544 Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas. 1984. 37 p.
- 545 Pitelli, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série**  
546 **Técnica IPEF**. 1987; 4: 1-24.
- 547 Reis, R. M. et al. Physiological aspects and growth of sunflower after application of  
548 pre-emergent herbicides. **Agro@ mbiente On-line**. 2014; 8 (3): 352-358.
- 549 Resende, G. M. de; Costa, N. D. Plantas Daninhas. In: COSTA, N. D.; RESENDE, G.  
550 M. de (Ed.). **Cultivo da cebola no Nordeste**. Embrapa Semi-Árido, Sistemas de  
551 Produção. 2007. 90p. (Embrapa Semi-Árido, Comunicado Técnico, 2007.)
- 552 Santos, E. F. et al. Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean  
553 plants: Mn toxicity responses. **Plant Physiology and Biochemistry**. 2017; 113: 6-19.
- 554 Safdar, M. E. et al. Critical competition period of parthenium weed (*Parthenium*  
555 *hysterophorus* L.) in maize. **Crop Protection**. 2016; 80: 101-107.

- 556 Sardana, V. et al. Role of competition in managing weeds: An introduction to the  
557 special issue. **Crop Protection**. 2017; 95: 1-7.
- 558 Silva, C. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo  
559 sacarino. **Bragantia**. 2014; 73 (4): 438-445.
- 560 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS. Núcleo Regional Sul/Comissão de  
561 Química e Fertilidade do Solo-RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados  
562 do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11<sup>a</sup>.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de  
563 Ciência do Solo; 2016. 376p
- 564 Swanton, C. J. et al. Experimental methods for crop-weed competition studies. **Weed**  
565 **Science**. 2015; 63: 2-11.
- 566 Shekhawat, K. et al. Weed menace and management strategies for enhancing oilseed  
567 brassicas production in the Indian sub-continent: A review. **Crop Protection**. 2017; 96:  
568 245-257.
- 569 Streck, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS,  
570 2008. 222 p.
- 571 Teixeira, M. F. F. et al. Interferência de plantas daninhas na qualidade e produtividade  
572 do grão-de-bico. **Revista de Agricultura Neotropical**. 2017; 4: 69-75.
- 573 Tironi, S. P. et al. Época de emergência de azevém e nabo sobre a habilidade  
574 competitiva da cultura da cevada. **Ciência Rural**. 2014; 44 (9): 1527-1533.
- 575 Tomm, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em**  
576 **países vizinhos**. Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 2005.  
577 21 p. (Embrapa Trigo, Comunicado Técnico, 2005.)
- 578 Tomm, G. O. et al. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da**  
579 **produção de canola no Brasil**. Embrapa Trigo, 2009. 27 p. (Embrapa Trigo,  
580 Comunicado Técnico, 2009.)
- 581 Thiel, C. H. et al. Physiology of Weeds in Intraspecific Competition. **Journal of**  
582 **Agricultural Science**. 2018; 10 (6): 334- 340.
- 583 Zare, M. et al. Competition of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars with  
584 weeds. **African Journal of Biotechnology**. 2012; 11 (6): 1378-1385.
- 585 Zuo, Q. et al. The effect of sowing depth and soil compaction on the growth and yield  
586 of rapeseed in rice straw returning field. **Field Crops Research**. 2017; 203: 47-54.
- 587
- 588
- 589

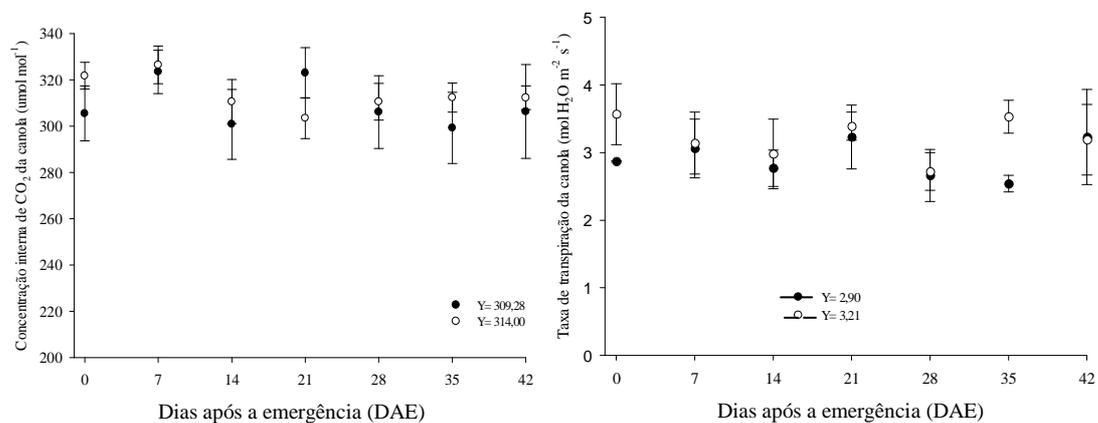
590  
591  
592

Tabela 1 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e a taxa de transpiração (E) em plantas de canola híbrido Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	Ci (μmol·mol <sup>-1</sup> )		E (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	305,58 B <sup>2</sup>	321,83 A	2,87 B	3,57 A
7	323,55 A	326,55 A	3,06 A	3,14 A
14	300,88 A	310,66 A	2,77 A	2,98 A
21	323,11 A	303,55 B	3,23 A	3,39 A
28	306,16 A	310,66 A	2,66 A	2,72 A
35	299,33 A	312,44 A	2,54 B	3,53 A
42	306,33 A	312,33 A	3,23 A	3,19 A
<b>Média geral</b>	<b>353,00</b>	<b>314,00</b>	<b>2,90</b>	<b>3,21</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>3,22</b>		<b>11,82</b>	

593  
594  
595

<sup>1</sup>DAE = dias após a emergência da cultura da canola. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste T de Student (p < 0,05).



596  
597  
598  
599  
600  
601

Figura 1. Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a concentração interna de CO<sub>2</sub> (i) (μmol mol<sup>-1</sup>) e a taxa de transpiração (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) da canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.

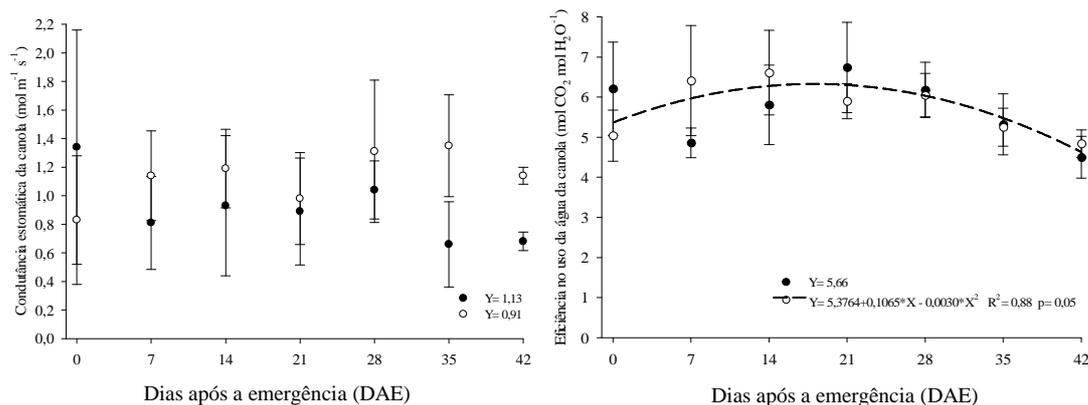
602  
603  
604

Tabela 2 - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a condutância estomática (GS) e a eficiência no uso da água (EUA) em plantas de canola híbrido Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	GS (mol m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )		EUA (mol CO <sub>2</sub> mol H <sub>2</sub> O <sup>-1</sup> )	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	1,34 A <sup>2</sup>	0,83 B	6,21 A	5,04 B
7	0,81 A	1,14 A	4,86 B	6,41 A
14	0,93 A	1,19 A	5,81 A	6,61 A
21	0,89 A	0,98 A	6,74 A	5,90 A
28	1,04 A	1,31 A	6,18 A	6,05 A
35	0,66 B	1,35 A	5,32 A	5,25 A
42	0,68 A	1,14 A	4,50 A	4,84 A
<b>Média geral</b>	<b>0,90</b>	<b>1,13</b>	<b>5,66</b>	<b>5,72</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>33,25</b>		<b>11,60</b>	

605  
606

<sup>1</sup>Dias após a emergência da cultura da canola. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste T de Student (p < 0,05).



607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615

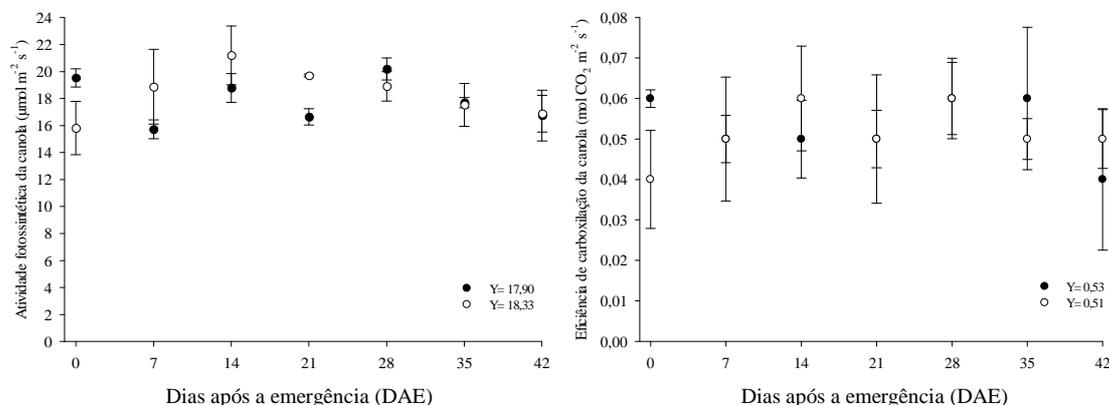
**Figura 2.** Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a condutância estomática (mol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) e eficiência no uso da água (mol CO<sub>2</sub> mol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) da canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.

**Tabela 3** - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a atividade fotossintética (A) e a eficiência de carboxilação (EC) em plantas de canola híbrido Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	A (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		EC (mol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	19,53 A <sup>2</sup>	15,81 B	0,06 A <sup>NS</sup>	0,04 B
7	15,72 B	18,87 A	0,05 A	0,05 A
14	18,79 B	21,20 A	0,05 A	0,06 A
21	16,64 B	19,70 A	0,05 A	0,05 A
28	20,19 A	17,54 B	0,06 A	0,06 A
35	17,70 A	18,34 A	0,06 A	0,05 A
42	16,74 A	16,88 A	0,04 A	0,05 A
<b>Média geral</b>	<b>17,90</b>	<b>18,33</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>7,73</b>		<b>20,11</b>	

616  
617  
618

<sup>1</sup>Dias após a emergência da canola. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de T de Student (p < 0,05).



619  
620  
621  
622  
623  
624  
625

**Figura 3.** Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a atividade fotossintética (μmol mol<sup>-1</sup>) e eficiência de carboxilação (mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) da canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.

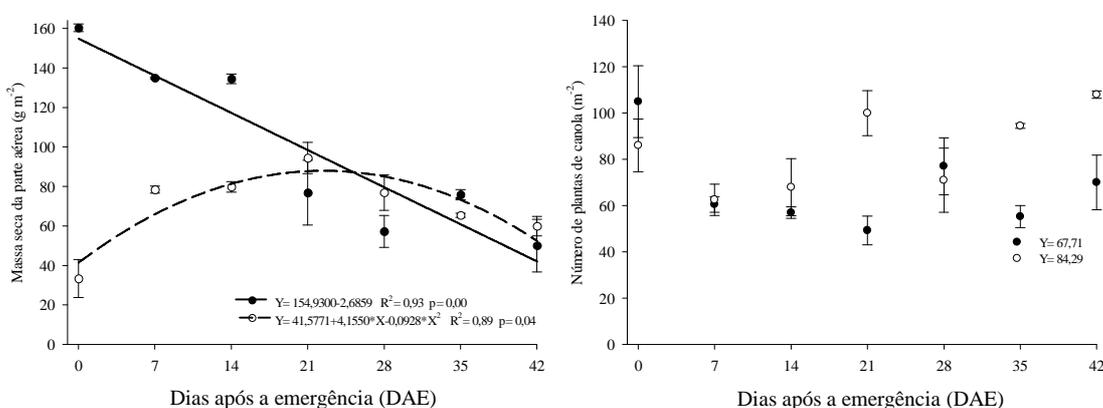
626  
627

**Tabela 4** - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a massa seca da parte aérea e número de plantas de canola. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	Massa seca (g m <sup>-2</sup> )		Número de plantas (m <sup>2</sup> )	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	160,34 A <sup>2</sup>	33,33 B	105,00 A	86,00 B
7	134,94 A	78,40 B	60,50 A	62,50 A
14	134,51 A	79,84 B	57,00 A	68,00 A
21	76,83 B	94,44 A	49,25 B	100,00 A
28	57,17 B	76,90 A	77,00 A	71,00 A
35	75,87 A	65,41 B	55,25 B	94,50 A
42	50,02 A	59,91 A	70,00 B	108,00 A
<b>Média geral</b>	<b>98,52</b>	<b>69,74</b>	<b>67,71</b>	<b>84,28</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>9,22</b>		<b>12,57</b>	

628  
629  
630

<sup>1</sup> Dias após a emergência da cultura da canola. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste T de Student (p < 0,05).



631  
632  
633  
634  
635  
636

**Figura 4.** Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a massa seca da parte aérea (g m<sup>-2</sup>) e o número de plantas de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.

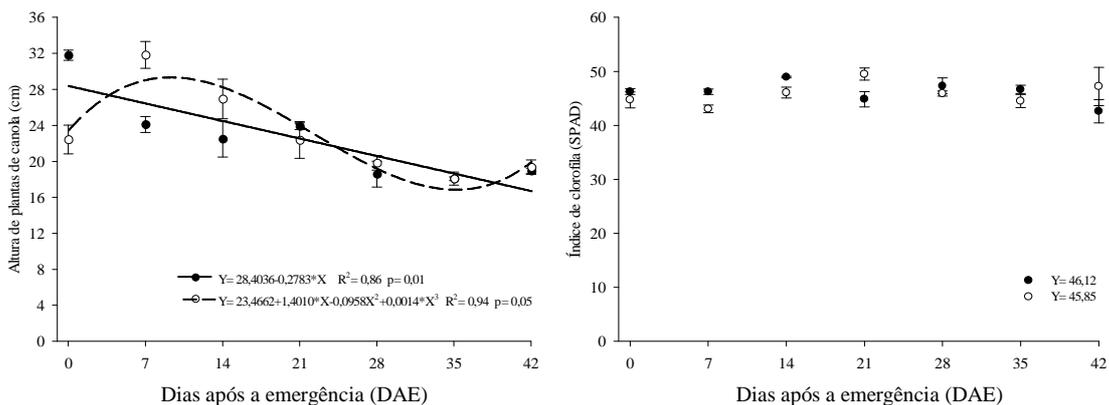
637  
638

**Tabela 5** - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a altura de plantas e da clorofila de canola. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	Altura de plantas (cm)		Clorofila	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	31,80 A <sup>2</sup>	22,43 B	46,25 A	44,73 A
7	24,11 B	31,83 A	46,20 A	43,05 B
14	22,49 B	26,94 A	48,95 A	46,07 B
21	23,91 A	22,38 A	44,85 B	49,50 A
28	18,59 A	19,83 A	47,30 A	45,90 A
35	18,08 A	18,08 A	46,65 A	44,50 B
42	18,94 A	19,35 A	42,62 A	47,20 B
<b>Média geral</b>	<b>22,56</b>	<b>22,97</b>	<b>46,11</b>	<b>45,85</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>5,25</b>		<b>3,19</b>	

639  
640  
641

<sup>1</sup> Dias após a emergência da cultura da canola. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste T de Student (p < 0,05).

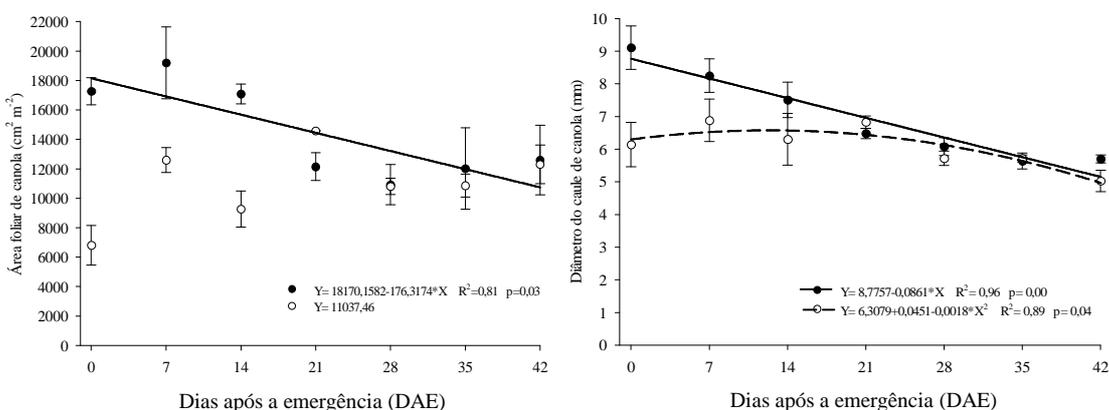


642  
643  
644 **Figura 5.** Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a altura de  
645 plantas (cm) e o índice de clorofila (SPAD) de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.

646  
647  
648 **Tabela 6-** Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre a área foliar e  
649 diâmetro do caule de plantas de canola cultivar Diamond. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	Área foliar (cm <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )		Diâmetro do caule de planta (cm)	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	17275,37 A <sup>2</sup>	6816,28 B	9,11 A	6,14 B
7	19205,89 A	12597,92 B	8,25 A	6,88 B
14	17094,56 A	9271,56 B	7,51 A	6,30 B
21	12146,89 B	14585,65 A	6,48 A	6,83 A
28	10924,54 A	10814,11 A	6,08 A	5,72 A
35	12025,90 A	10866,67 A	5,64 A	5,72 A
42	12599,30 A	12310,00 A	5,70 A	5,03 B
<b>Média geral</b>	<b>14467,49</b>	<b>11037,45</b>	<b>6,96</b>	<b>6,08</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>11,77</b>		<b>6,17</b>	

650 <sup>1</sup> Dias após a emergência da cultura da canola. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo  
651 teste T de Student (p < 0,05).  
652



653  
654  
655 **Figura 6.** Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre a área  
656 foliar (cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e diâmetro de caule (mm) de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.

657  
658

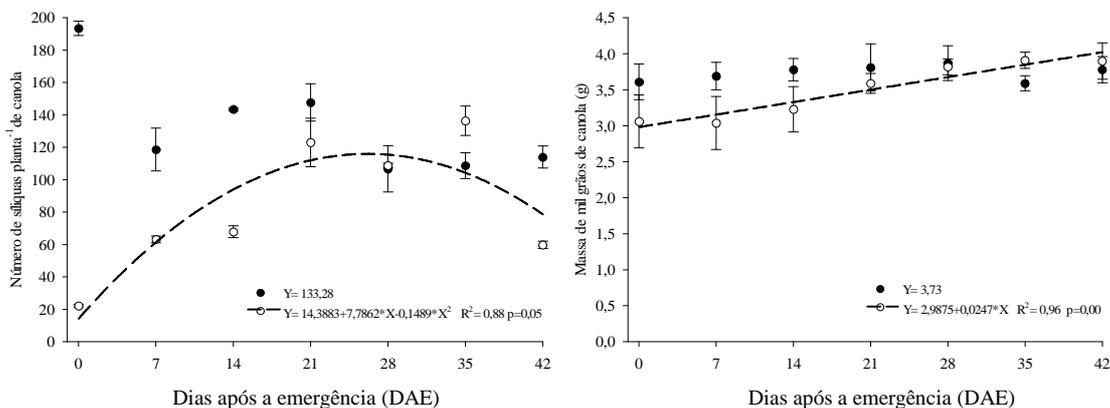
659  
660

**Tabela 7** - Efeito dos períodos de convivência ou de controle de plantas daninhas sobre o número de siliquis e massa de mil grãos de canola. UFFS, Erechim-RS, 2018.

Períodos DAE <sup>1</sup>	Número de siliquis		Massa de mil grãos (g)	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	193,50 A <sup>2</sup>	22,16 B	3,61 A	3,06 B
7	118,66 A	63,16 B	3,69 A	3,04 B
14	143,49 A	67,88 B	3,78 A	3,23 B
21	147,77 A	123,10 B	3,81 A	3,59 A
28	106,77 A	108,83 A	3,87 A	3,82 A
35	108,77 B	136,44 A	3,59 A	3,91 A
42	113,99 A	59,77 B	3,78 A	3,90 A
<b>Média geral</b>	<b>133,27</b>	<b>83,04</b>	<b>3,73</b>	<b>3,50</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>7,89</b>		<b>6,53</b>	

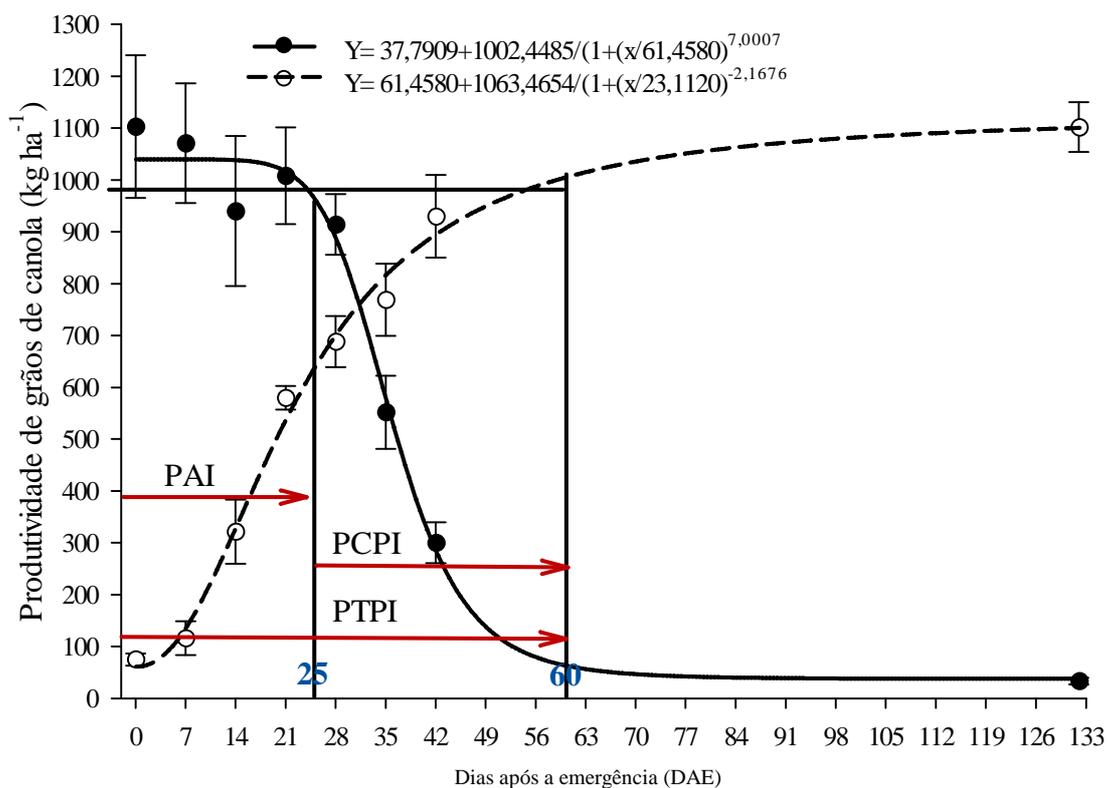
661  
662  
663  
664

<sup>1</sup> Dias após a emergência da cultura da canola. <sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste T de Student (p < 0,05).



665  
666  
667  
668  
669

**Figura 7.** Efeito dos períodos de convivência (●) ou de controle (○) de plantas daninhas sobre o número de siliquis (planta<sup>-1</sup>) e a massa de mil grãos (g) de canola, híbrido Diamond. UFFS, Erechim/RS, 2018.



670

671 **Figura 8.** Produtividade de grãos de canola híbrido Diamond ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), em função do período de  
 672 convivência (●) e de controle (○) de azevém (*Lolium multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*) e nabo  
 673 (*Raphanus raphanistrum*). PAI: Período anterior a interferência; PTPI: Período total de prevenção a  
 674 interferência e PCPI: Período crítico de prevenção a interferência. Significativo a  $p \leq 0,05$ . UFFS, Campus  
 675 Erechim/RS, 2018.

676

1 **ARTIGO II – INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE NABO**  
2 **EM CANOLA**

3  
4 **RESUMO:** As plantas daninhas apresentam elevada capacidade de se estabelecer em  
5 sistemas agrícolas, e afetar a produção das culturas se não forem controladas  
6 adequadamente. Desta maneira, objetivou-se, com o trabalho determinar a interferência  
7 e o nível de dano econômico de populações de nabo infestante de híbridos de canola. Os  
8 tratamentos foram compostos pelos híbridos de canola (Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433,  
9 Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond) e doze populações de nabo infestante em  
10 cada híbrido. As variáveis avaliadas para estimar a competitividade dos híbridos foram a  
11 população de plantas, área foliar, cobertura do solo e massa seca da parte aérea do nabo.  
12 A produtividade de grãos, o preço da canola, a eficiência do herbicida e o custo de  
13 controle foram usados para determinar o nível de dano econômico (NDE) da planta  
14 daninha sobre a cultura. O modelo de regressão não linear da hipérbole retangular  
15 estima adequadamente as perdas de produtividade da canola na presença de plantas de  
16 nabo. Os híbridos de canola Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 e o Hyola 571 CL  
17 apresentam maior competitividade com o nabo do que os híbridos, Hyola 433 e  
18 Diamond. A variável cobertura do solo apresenta melhor ajuste ao modelo da hipérbole  
19 retangular comparativamente a população de plantas, cobertura do solo, área foliar e  
20 massa seca da parte aérea. A utilização dos híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL  
21 e Hyola 575 CL aumentaram o NDE em canola. Os valores dos NDE variam de 2,86 a  
22 5,95; 2,43 a 5,05; 2,22 a 5,43 e 2,99 a 6,22 plantas de nabo m<sup>-2</sup> para os híbridos Hyola  
23 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL, respectivamente em função das variáveis  
24 simuladas. Acréscimo na produtividade de grãos, no preço da canola, na eficiência do  
25 herbicida e a redução do custo de controle reduzem os valores do NDE, justificando a  
26 adoção de medidas de controle em menores populações de nabo.

27  
28 **Palavras-chave:** *Raphanus raphanistrum*, *Brassica napus* L., Manejo sustentável de  
29 plantas daninhas.

## INTERFERENCE AND LEVEL OF ECONOMIC DAMAGE OF NABO IN CANOLA

**ABSTRACT:** The weeds if not properly controlled have great ability to settle in agricultural systems, affecting crop production. The objective of this work was to determine the interference and level of economic damage of different populations of canola hybrids. The treatments were composed of canola hybrids (Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL and Diamond) and twelve infestation turnip populations in each hybrid. The variables evaluated to estimate the competitiveness of the hybrids were the plant population, leaf area, soil cover and dry mass of the turnip. Grain yield, canola price, herbicide efficiency, and control cost were used to determine the weed's Economic Damage Level (EDL) on the crop. The nonlinear regression model of the rectangular hyperbola adequately estimates the yield losses of canola in the presence of turnip plants. The canola hybrids Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 and Hyola 571 CL are more competitive with turnip than hybrids, Hyola 433 and Diamond. The soil cover variable presents a better fit to the rectangular hyperbola model compared to the plant population, soil cover, foliage area and shoot dry mass. The use of hybrids Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL and Hyola 575 CL increased the level of economic damage in canola. The values of economic damage levels range from 2.86 to 5.95; 2.43 to 5.05; 2.22 to 5.43 and 2.99 to 6.22 turnip plants  $m^{-2}$  for hybrids Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL and Hyola 575 CL, respectively as a function of simulated variables. The increase grain yield, canola price, herbicide efficiency and reduced control cost, it reduce the level of economic damage, justifying the adoption of control measures in smaller turnip populations.

**Keywords:** *Raphanus raphanistrum*, *Brassica napus* L., Sustainable weed management.

## INTRODUÇÃO

O Brasil produziu 49,5 mil toneladas de canola (*Brassica napus* L. variedade oleífera) na safra 2017/18 (Conab, 2019). Além de ser uma das plantas oleaginosas mais produzidas no mundo, apresenta um excelente potencial para a produção de grãos no Brasil (Kirkegaard et al., 2018).

64 Exercendo uma grande participação na produção de óleos comestíveis,  
65 biocombustíveis e também farelo para ração, a canola ganha destaque por ser uma  
66 alternativa econômica (Tomm, 2007; Angus et al., 2015). Além de integrar diferentes  
67 sistemas de produção de grãos podendo ser utilizada na rotação de culturas, também  
68 ajuda a reduzir os problemas fitossanitários ocorrente em gramíneas, leguminosas e em  
69 outras culturas (Tomm et al., 2009).

70 Com o incremento da demanda pelo cultivo da canola no Brasil, a pesquisa está  
71 buscando adequar as formas de manejos, com o intuito de aumentar rendimentos e a  
72 produção mais sustentável da cultura (Tomm et al., 2009). Mesmo com o crescente  
73 aumento das pesquisas, ainda há insuficiência de informações relacionadas aos desafios  
74 de cultivo da canola. Sabe-se que práticas que visam o manejo integrado de plantas  
75 daninhas, incluindo o uso de híbridos competitivos, são necessárias para sustentar a  
76 produção de culturas oleaginosas (Beckie et al., 2008; Lemerle et al., 2017).

77 As plantas daninhas são um dos principais fatores que reduzem a produtividade  
78 das culturas agrícolas, inclusive a canola, e quando não manejadas ocasionam elevadas  
79 perdas na produtividade e na qualidade dos grãos produzidos. A competição das plantas  
80 daninhas pode provocar alteração na utilização de recursos do meio (água, luz e  
81 nutrientes). As plantas daninhas são mais agressivas, adaptáveis e persistentes que as  
82 culturas, sendo assim, representam uma séria ameaça à produção agrícola, devido a  
83 capacidade de sobreviver em condições adversas, extraindo mais água e nutrientes do  
84 solo e reduzindo assim o rendimento das culturas (Kaur et al., 2018).

85 Sabe-se que existem poucos herbicidas registrados para a canola, principalmente  
86 seletivos para a cultura quando aplicados em pós-emergência o que gera maior  
87 dificuldade no controle das plantas daninhas (Vargas et al., 2011). Para se conseguir  
88 uma supressão de plantas daninhas através de manipulações de plantas cultivadas é  
89 necessário que sejam aprimoradas e combinadas múltiplas táticas, as quais resultarão  
90 em benefícios à cultura, como a redução na necessidade da aplicação de herbicidas que  
91 acarreta também na diminuição do impacto ambiental quando associa-se ao uso  
92 descontrolado (Lowry e Smith, 2018).

93 Dentre as principais plantas daninhas que infestam as lavouras de inverno no Sul  
94 do Brasil, pode-se destacar o azevém (*Lolium multiflorum*) e o nabo (*Raphanus*  
95 *raphanistrum*) (Tironi et al., 2014). O nabo é a planta daninha que mais causa  
96 problemas na cultura da canola, pois ele pertence à mesma família (Mendham e  
97 Robertson, 2016). As plantas daninhas mais importantes e mais competitivas em uma

98 lavoura são aquelas que pertencem à mesma família botânica da cultura por estas  
99 apresentarem necessidades semelhantes dos recursos e também exploram o mesmo  
100 nicho que a cultura (Agostinetto et al., 2008).

101 Escassos são os trabalhos realizados para o manejo de plantas daninhas  
102 ocorrentes em canola, em especial voltados a determinação do nível de dano econômico  
103 (NDE) dessas plantas ao infestar a cultura. O NDE tem como objetivo preconizar a  
104 aplicação de herbicidas ou outros métodos de controle, onde este somente se justifica  
105 caso os prejuízos causados pelas plantas daninhas forem maiores que o custo da medida  
106 de controle utilizada (Galon et al., 2007).

107 O NDE serve como base para tomada de decisão para o controle das plantas  
108 daninhas, sem ele há dificuldade de manejo da cultura, além de gerar uma menor  
109 eficiência no uso de herbicidas, bem como elevar os custos de produção, podendo  
110 também gerar uma maior contaminação ambiental pelo uso excessivo de herbicidas  
111 (Galon et al., 2007).

112 Sabe-se que nas lavouras, geralmente a população das plantas cultivadas é  
113 constante, já a população das plantas daninhas pode vir a variar de acordo com o banco  
114 de sementes presente no solo, bem como com as condições ambientais que podem vir a  
115 alterar o nível de infestação das mesmas (Galon et al., 2011; Agostinetto et al., 2013).

116 A capacidade competitiva que uma cultura apresenta pode ser especificada pela  
117 tolerância a infestação de plantas daninhas ou também pela inibição do crescimento das  
118 plantas daninhas devido à competição pelos recursos (Bertholdsson, 2010). Geralmente  
119 as cultivares mais competitivas, ou seja, que apresentam maior vigor, maior crescimento  
120 bem como maior índice de área foliar, possuem uma maior capacidade de competir pela  
121 luz, nutrientes e água em relação as demais cultivares que expressam menos essas  
122 características. Também características como arquitetura do dossel da planta, estatura,  
123 massa seca, dentre outras características que são expressas pela cultura, tendem a  
124 suprimir o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução de espécies de plantas  
125 daninhas próximas (Worthington et al., 2015).

126 Em estudos de competição não se pode somente avaliar a população de plantas  
127 que existem no processo competitivo, mas é importante também verificar a influência  
128 da oscilação que ocorre na proporção entre as espécies, visto que a densidade de plantas  
129 daninhas é o fator que mais prejudica a interferência sobre as culturas de interesse  
130 agrônômico (Galon et al., 2014).

131 A hipótese do trabalho é que ocorre diferenciação na habilidade competitiva e no  
132 nível de dano econômico de acordo com o cultivo de diferentes híbridos de canola  
133 (Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond) em  
134 convivência com populações de nabo.

135 Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo determinar a interferência e o  
136 nível de dano econômico de populações de nabo infestante de híbridos de canola.

137

138

## MATERIAL E MÉTODOS

139 O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade  
140 Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim/RS, no ano agrícola 2017, sendo o solo  
141 classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (Embrapa, 2013). O  
142 clima do local é do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente) conforme  
143 classificação estabelecida por Koeppen, nos quais as chuvas são bem distribuídas ao  
144 longo do ano (Cemets, 2012). A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas  
145 de acordo com a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas para a  
146 cultura da canola (SBCS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH  
147 em água de 5,1; MO = 3,0%; P= 5,2 mg dm<sup>-3</sup>; K= 118,0 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup>=0,3 cmolc dm<sup>-3</sup>;  
148 Ca<sup>2+</sup>= 5,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>= 3,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC(t)= 7,4 cmolc dm<sup>-3</sup>;  
149 CTC(TpH=7,0)= 16,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al= 7,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; SB= 53% e Argila= 60%.

150 Antes da semeadura da canola dessecou-se a área com o herbicida glyphosate  
151 (1080 g ha<sup>-1</sup> de equivalente ácido). Cada unidade experimental (parcela) foi composta  
152 por área de 15,0 m<sup>2</sup> (3,0 x 5,0 m), sendo a semeadura realizada em 6 linhas, espaçadas a  
153 0,50 m e com 5 m de comprimento. A densidade de semeadura dos híbridos de canola  
154 foi de 50 plantas m<sup>-2</sup> ou aproximadamente 2,0 kg de sementes ha<sup>-1</sup>.

155 O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sem  
156 repetição, sendo os tratamentos compostos pelos híbridos de canola Hyola 50 – (ciclo  
157 médio e estatura 118-150 cm), Hyola 76 – (ciclo longo e estatura 126-159 cm), Hyola  
158 433 – (ciclo curto e estatura 124-131 cm), Hyola 571 CL – (ciclo médio e estatura 83-  
159 178 cm), Hyola 575 CL– (ciclo curto e estatura 116-144 cm) e Diamond – (ciclo curto e  
160 estatura 100-110 cm), e populações de nabo (0, 8, 12, 44, 80, 144, 164, 192, 220, 720,  
161 824 e 868; 0, 12, 24, 28, 60, 104, 200, 292, 352, 808, 820 e 908; 0, 4, 5, 10, 11, 12, 31,  
162 80, 104, 185, 215 e 376; 0, 16, 20, 28, 56, 140, 148, 164, 204, 440, 832 e 848; 0, 8, 16,  
163 52, 64, 152, 156, 408, 476, 1028, 1300 e 1696; e 0, 4, 16, 28, 32, 72, 88, 204, 568, 648,  
164 1248 e 1600 plantas m<sup>-2</sup>), em competição com os respectivos híbridos de canola. As

165 plantas de nabo foram semeadas e o estabelecimento das populações foi variado, pois  
166 fatores como infestação, vigor, umidade, entre outros, impedem que se estabeleça  
167 exatamente o mesmo número de plantas por área (unidade experimental).

168 Quando a canola estava no estágio B3 (três folhas verdadeiras desenroladas)  
169 efetuou-se aplicação nitrogenada em cobertura de 150 kg ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia, de  
170 acordo com a análise química do solo e com a expectativa de rendimento da cultura.  
171 Todas as demais práticas de manejo utilizadas foram às recomendadas pela pesquisa  
172 para a cultura da canola (Guth et al., 2017).

173 A quantificação da população das plantas (PP), cobertura do solo (CS), área foliar  
174 (AF) ou massa seca da parte aérea (MSPA) do nabo foram realizadas aos 51 dias após a  
175 emergência (DAE) da cultura. Para determinação da variável PP, foram realizadas  
176 contagens das plantas presentes em duas áreas de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m) por parcela.  
177 A CS por plantas de nabo foi avaliada visualmente, de modo individual por dois  
178 avaliadores, utilizando-se escala percentual, na qual a nota zero corresponde à ausência  
179 de CS e a nota 100 representa cobertura total do solo. A quantificação da AF da planta  
180 competidora foi efetuada com um integrador eletrônico de AF portátil, modelo CI-203,  
181 marca CID Bio-Science, mensurando-se todas as plantas em uma área de 0,25 m<sup>2</sup> por  
182 parcela. A MSPA das plantas do nabo (g m<sup>-2</sup>) foi determinada pela coleta das plantas  
183 contidas em área de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela e secas em estufa de circulação forçada de ar a  
184 temperatura de 60±5°C, até atingir massa constante.

185 A quantificação da produtividade de grãos da canola foi obtida pela colheita das  
186 plantas em área útil de 4,5 m<sup>2</sup> de cada unidade experimental, quando o teor de umidade  
187 dos grãos atingiu aproximadamente 18%. Após a pesagem dos grãos, foi determinada  
188 sua umidade e, posteriormente, as massas foram uniformizadas para 13% de umidade.  
189 Com os dados da produtividade de grãos, foram calculadas as perdas percentuais em  
190 relação às parcelas mantidas sem infestação (testemunhas), de acordo com a Equação 1:

$$191 \quad \text{Perda (\%)} = \left( \frac{Ra - Rb}{Ra} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

192 Onde: *Ra* e *Rb*: produtividade da cultura sem ou com presença da planta competidora,  
193 nabo, respectivamente.

194 Anteriormente à análise dos dados, os valores de CS (%), AF (cm<sup>2</sup>) e MS (g m<sup>-2</sup>)  
195 foram multiplicados por 100, dispensando-se assim o uso do fator de correção no  
196 modelo (Galon et al., 2007; Agostinetto et al., 2010).

197 As relações entre perdas percentuais de produtividade da canola em função das  
198 variáveis explicativas foram calculadas separadamente para cada híbrido, utilizando-se  
199 o modelo de regressão não linear derivada da hipérbole retangular, proposta por  
200 Cousens em 1985, conforme a Equação 2, na qual está foi utilizada para calcular as  
201 perdas de produtividade:

$$202 \quad P_p = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{Equação 2}$$

203 Onde:  $P_p$  = perda de produtividade (%);  $X$  = população de nabo, cobertura do solo, área  
204 foliar e massa seca da parte aérea;  $i$  e  $a$  = perdas de produtividade (%) por unidade de  
205 plantas de nabo quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao  
206 infinito, respectivamente. Para o procedimento de cálculos, foi utilizado o método de  
207 Gauss-Newton, o qual, por sucessivas iterações, estima os valores dos parâmetros, nos  
208 quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação aos valores  
209 ajustados, seja mínima (Ratkowsky, 1983). O valor da estatística  $F$  ( $p \leq 0,05$ ) foi  
210 utilizado como critério de análise dos dados ao modelo. O critério de aceitação do ajuste  
211 dos dados ao modelo baseou-se no maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no  
212 menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR).

213 Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) foi utilizado as estimativas do  
214 parâmetro  $i$  obtidas a partir da Equação 2 (Cousens, 1985) e a Equação adaptada de  
215 Lindquist e Kropff (1996) – Equação 3:

$$216 \quad NDE = \frac{(Cc)}{(R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100}))} \quad \text{Equação 3}$$

217 onde: NDE = nível de dano econômico (plantas  $m^2$ );  $Cc$  = custo do controle (herbicida e  
218 aplicação terrestre tratorizada, em dólares  $ha^{-1}$ );  $R$  = produtividade de grãos da canola  
219 ( $kg \ ha^{-1}$ );  $P$  = preço da canola (dólares  $kg^{-1}$  de grãos);  $i$  = perda (%) de produtividade da  
220 canola por unidade de planta competidora quando o nível populacional se aproxima de  
221 zero e  $H$  = eficiência do herbicida (%). Para simulação dos dados considerou-se a  
222 aplicação do herbicida imazamox – Raptor<sup>®</sup> (42 g  $ha^{-1}$ ) + óleo mineral - Dash<sup>®</sup> (0,5%  
223 v/v), por esse ser registrado para o controle de nabo em híbridos de canola Clearfield<sup>®</sup>  
224 tolerante ao produto.

225 Para as variáveis  $Cc$ ,  $R$ ,  $P$  e  $H$  (Equação 3) foram estimados três valores  
226 ocorrentes nos últimos 10 anos. Assim, para o custo de controle ( $Cc$ ), considerou-se o  
227 preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterados em 25%, em relação ao custo

228 médio. A produtividade da canola (R) foi baseada na menor, média e maiores obtidas no  
229 Rio Grande do Sul, nos últimos 10 anos. O preço do produto (P) foi estimado a partir do  
230 menor, médio e maior preço da canola por saca de 60 kg, nos últimos 10 anos. Os  
231 valores para a eficiência do herbicida (H) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e  
232 100% de controle, sendo 80% o controle mínimo considerado eficaz da planta daninha  
233 (SBCPD, 1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários  
234 para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

235

236

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

237

238 As variáveis explicativas, população de plantas (PP), área foliar (AF), cobertura  
239 do solo (CS) e massa seca da parte aérea (MSPA) do nabo, para todos os híbridos de  
240 canola avaliados, apresentaram valores da estatística F significativos (Figuras 1, 2, 3 ou  
241 4). Os resultados encontrados demonstram que as variáveis, PP, AF, CS e MS para os  
242 híbridos de canola – Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e  
243 Diamond se ajustaram ao modelo da hipérbole retangular adequadamente, onde os  
244 dados apresentaram valores de  $R^2$  superiores a 0,62 e baixo quadrado médio do resíduo  
245 (QMR), o que caracteriza bom ajuste dos dados ao modelo (Figuras 1, 2, 3 e 4). De  
246 acordo com Cargnelutti Filho & Storck (2007), ao trabalharem com variação genética,  
247 efeito de cultivares e a herdabilidade de híbridos de milho, consideraram como  
248 moderados a bom os valores de  $R^2$  entre 0,57 a 0,66, o que corrobora, em partes com os  
249 resultados encontrados no presente estudo.

249

250 Observou-se para as variáveis PP, AF, CS e MS que os valores estimados para  
251 o parâmetro  $i$  tenderam a ser menores para os híbridos de canola Hyola 50 (ciclo médio)  
252 ou Hyola 76 (ciclo longo) ou Hyola 571 CL (ciclo médio) ou Hyola 575 CL (ciclo  
253 curto) (Figuras 1, 2, 3 ou 4). Já, as menores competitividades foram observadas nos  
254 híbridos Hyola 433 e Diamond (ciclos curtos) que pode decorrer devido ao seu ciclo ser  
255 mais curto, favorecendo um desenvolvimento mais rápido e possuindo uma menor  
256 estatura o que permitiu maior passagem de radiação e conseqüente novo fluxo de  
257 emergência das plantas de nabo, após a determinação das variáveis explicativas (51  
258 DAE). De acordo com Fleck et al. (2003) cultivares de arroz que apresentam baixa  
259 cobertura do solo permitem maior penetração de luz no dossel da comunidade e  
260 conseqüentemente menor competitividade com as plantas daninhas.

260

261 A habilidade competitiva diferenciada entre cultivares de uma espécie  
262 cultivada é uma característica comum, como observado para cultivares de arroz (Galon

262 et al., 2007). Até mesmo algumas práticas de manejo, como a densidade de semeadura,  
263 podem influenciar na habilidade competitiva de cultivares (Agostinetto et al., 2010).

264 Várias pesquisas relatam respostas diferenciadas do parâmetro *i* ao trabalharem  
265 com diferentes cultivares das culturas de; arroz irrigado (Galon et al., 2007), feijão  
266 comum (Kalsing e Vidal, 2013), cana-de-açúcar (Tironi et al., 2013), milho  
267 (Frاندoloso, 2018) e trigo (Galon et al., 2019) quando infestadas por populações de  
268 plantas daninhas.

269 Sendo o parâmetro *i* um índice usado para comparar a competitividade relativa  
270 entre espécies (Swinton et al., 1994), constataram-se valores diferenciados para os  
271 híbridos de canola nas variáveis explicativas testadas (Figuras 1, 2, 3 e 4). A  
272 comparação entre os híbridos considerando o parâmetro *i*, na média das quatro variáveis  
273 explicativas (PP, MSPA, CS ou AF), demonstrou que a ordem de colocação em relação  
274 à competitividade dos arranjos entre plantas foi: Hyola 575 CL > Hyola 50 > Hyola 76  
275 > Hyola 571 CL > Hyola 433 > Diamond.

276 As diferenças observadas entre os resultados dos híbridos podem ser atribuídas  
277 ao conjunto de características morfofisiológicas inerentes às diferenças que existem  
278 entre as cultivares de uma mesma espécie (Kalsing & Vidal, 2013), ao melhor  
279 aproveitamento dos recursos disponíveis no meio (luz, água e nutrientes), algumas  
280 práticas de manejo (Agostinetto et al., 2010) e também do erro-padrão na estimativa do  
281 parâmetro *i*, podendo ser atribuído à variabilidade associada com experimentação de  
282 campo e à plasticidade fenotípica da cultura (Dieleman et al., 1995).

283 Comparando-se os híbridos de canola para a variável PP, com base na perda  
284 unitária (*i*), observaram-se perdas de produtividade de 1,53; 1,80; 4,30; 1,97; 1,46 e  
285 4,61% para a Hyola 50; Hyola 76; Hyola 433; Hyola 571 CL; Hyola 575 CL e  
286 Diamond, respectivamente (Figura 1). Willians et al. (2008), atribuem a diferença na  
287 competição de híbridos de milho ao maior dossel (AF) e altura de plantas, resultando  
288 em maior eficiência na interceptação da luz, o que ocasiona maior supressão das plantas  
289 daninhas. A competição imposta pelo material genético torna-se potenciais estratégias  
290 para o manejo integrado de plantas daninhas nos atuais programas de controle (Jha et  
291 al., 2017) e desse modo poderá ocorrer uma redução no uso de herbicidas.

292 Os resultados demonstram que o incremento da população de nabo até cerca de  
293 400 plantas m<sup>-2</sup> demonstrou uma perda de produtividade dos grãos dos híbridos de  
294 canola em aproximadamente 100%, sendo que mesmo com o aumento das populações

295 da planta daninha as perdas já tinham atingido seu ponto máximo, comprometendo  
296 totalmente a produtividade e o desempenho da cultura (Figura 1).

297 A competitividade de cevada voluntária, aveia, rabo-de-raposa, caruru e  
298 mostarda-selvagem com canola e mostarda amarela causaram perdas mais significativas  
299 no rendimento da canola do que da mostarda amarela, quando ambas estavam em  
300 competição com as plantas daninhas que emergiram naturalmente na área (Beckie et al.,  
301 2008). Esses mesmos autores citam ainda que cultivares com estatura alta, com rápida  
302 emergência e maior acúmulo de biomassa na parte aérea, possuem maior probabilidade  
303 e capacidade de serem competitivas.

304 A competição da cultura com a planta daninha afetou quantitativamente e  
305 qualitativamente a produção de canola, pois as plantas daninhas modificam a eficiência  
306 da cultura em aproveitar os recursos disponíveis no ambiente, como água, luz, CO<sub>2</sub> e  
307 nutrientes (Bianchi et al., 2006).

308 Ocorreu perda média de 0,70 e de 3,41% da produtividade dos híbridos de grãos  
309 de canola na menor AF (10000 cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e maior AF (50000 cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>), respectivamente  
310 (Figura 2). Os híbridos Hyola 575 CL e Hyola 433 foram os que apresentaram a menor  
311 e a maior perda com 38,46 e 134,10% na AF de 10000 cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> e de 39,31 e 134,78% na  
312 AF de 50000 cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, respectivamente. Pode-se assim inferir que o grau dos híbridos  
313 em competição com o nabo é influenciado pela área foliar da planta daninha, conforme  
314 constatado também por Parreira et al. (2014) ao avaliarem a competição de cultivares de  
315 feijão do tipo carioca com plantas daninhas.

316 O nabo exerceu maior competição sobre a soja (Bianchi et al., 2006) e também  
317 causou redução na área foliar do trigo e na massa seca da parte aérea (Rigoli et al.,  
318 2008), conforme aumentou-se a população da planta daninha houve um incremento  
319 significativo das perdas de produtividades das culturas estudadas.

320 Os resultados para perda de produtividade dos híbridos de canola, em relação ao  
321 percentual de CS (Figura 3), demonstram semelhança ao observado em relação PP  
322 (Figura 1). Com 5% de CS pelo nabo os híbridos de canola já apresentavam perdas em  
323 torno de 15% (Figura 3). Quando a CS se aproximou de 30% quase todos os híbridos de  
324 canola já estavam com as perdas próximas a 100%. Essa elevada competição entre a  
325 cultura e o nabo deve-se em parte por ambos pertencerem à mesma família botânica o  
326 que ocasiona elevada competição pelos recursos do meio e que a planta daninha mesmo  
327 em baixas populações presente no solo e no estágio inicial de desenvolvimento ocasiona  
328 severas perdas à cultura.

329 O nabo tem uma grande capacidade de ramificar e aumentar sua estatura,  
330 causando maior sombreamento quando infestante das culturas. Esse fato foi observado  
331 também por Tironi et al. (2014) ao constatarem que o nabo causou um maior  
332 sombreamento à cultura da cevada quando comparado com o azevém, o que diminui a  
333 produtividade e a qualidade do produto colhido.

334 O nabo se desenvolveu junto com a cultura da canola e por ser uma planta  
335 daninha, ou seja, mais rustico apresentou crescimento maior e conseqüentemente maior  
336 cobertura do solo, fazendo com que os híbridos de canola sofressem redução em sua  
337 produtividade de grãos (Figura 3). As espécies que possuem morfologia e fisiologia  
338 semelhantes tendem a apresentar exigências muito similares, como relatado  
339 anteriormente, em relação a fatores de crescimento, vindo a tornar mais intensa a  
340 competição pelos fatores que são limitados no nicho onde se desenvolvem (Corrêa et  
341 al., 2016).

342 Ao acumular  $200 \text{ g m}^{-2}$  de massa seca o nabo ocasionou reduções da  
343 produtividade da canola de 1,4; 1,6; 2,0; 2,0; 1,0 e 3,92%, respectivamente, para as  
344 cultivares Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond  
345 (Figura 4). Considerando que o nabo é uma das principais plantas daninhas infestantes  
346 da canola e de difícil controle com uso de herbicidas pelas características  
347 morfofisiológicas semelhantes que ambos apresentam, essa quantidade de massa seca,  
348 mesmo que inferior ao que se pode produzir por área, já ocasiona elevadas perdas de  
349 produtividade da canola. Forte et al. (2018), ao avaliarem a produtividade de massa seca  
350 de diferentes coberturas de inverno, na região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul,  
351 relataram que o nabo produziu em média  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ .

352 A competição entre híbridos de canola (Hyola 61, Hyola 76, Hyola 433 e Hyola  
353 571 CL) na presença de nabo e/ou azevém, foi prejudicada, independentemente da  
354 proporção de plantas presentes no ambiente de estudo, e em todos os casos causou  
355 redução na área foliar e no peso seco da espécie (Galon et al., 2015).

356 Kalsing & Vidal (2013), também constatarem que cultivares de feijão ao  
357 competirem com o papuã apresentaram comportamento distinto e relacionaram o fato  
358 com as características intrínsecas que as mesmas demonstram, conforme já relatado  
359 anteriormente. Outros autores também afirmam haver diferenças entre cultivares quando  
360 em competição com plantas daninhas, atribuindo esse fato as características como  
361 hábito de crescimento, ciclo de desenvolvimento e número de ramos, dentro outras, que

362 afetam a habilidade competitiva da cultura e o que ocasiona diferenciação entre os  
363 cultivares envolvidos na competição (Barroso et al., 2010; e Parreira et al., 2014).

364 Plantas que venham se estabelecer primeiro em uma determinada comunidade  
365 são teoricamente favorecidas no processo de competição, ou também por possuírem  
366 características diferenciadas como maior estatura, índice de área foliar, produzir mais  
367 massa verde ou seca, possuir um sistema radicular mais volumoso, dentre outras, na  
368 qual uma determinada cultivar ou híbrido demonstrará maior habilidade competitiva  
369 (Forte et al., 2017).

370 As estimativas do parâmetro  $a$ , independente da variável explicativa, foram  
371 superestimadas pelo modelo, com perdas de produtividade superiores a 100% para  
372 todos os híbridos testados, exceto à PP para o Hyola 575 CL e o Diamond, nos quais se  
373 constataram perdas inferiores a 100% (Figuras 1, 2, 3 ou 4). Esses resultados podem ser  
374 decorrentes do fato de que as maiores populações de plantas de nabo não serem  
375 suficientes para estimar adequadamente a perda máxima de produtividade da canola  
376 (Cousens, 1991).

377 Segundo Cousens (1991), para obtenção de estimativa confiável para esse  
378 parâmetro, há necessidade de incluir no experimento populações muito elevadas de  
379 plantas daninhas, acima daquelas comumente encontradas em condições de lavoura. De  
380 modo semelhante Agostinetto et al. (2007) e Galon et al. (2007) ao estudarem a  
381 competição do arroz com o capim-arroz submetido a diferentes métodos de manejo,  
382 também constataram perdas superiores a 100% para o parâmetro  $a$ .

383 Uma alternativa para evitar que as perdas de produtividade sejam  
384 superestimadas seria limitar a perda máxima em 100%. Porém a limitação influenciará a  
385 estimativa do parâmetro  $i$ , podendo resultar em menor previsibilidade no modelo da  
386 hipérbole retangular (Streibig et al., 1989). Além disso, perdas de produtividade  
387 superiores a 100% são biologicamente irreais e ocorrem quando a amplitude de  
388 populações de plantas daninhas são excessivamente estreitas e/ou quando os maiores  
389 valores de população não são suficientes para produzir resposta assintótica de perda de  
390 produtividade (Yenish et al., 1997; Askew & Wilcut, 2001; Agostinetto et al., 2010).

391 Para os híbridos do mesmo ciclo de crescimento observou-se que as variáveis  
392 explicativas apresentaram parâmetros  $i$  diferenciados (Figuras 1, 2, 3 e 4). De modo  
393 similar, Kalsing & Vidal (2013) constaram que cultivares de mesmo ciclo  
394 demonstraram competitividades diferenciadas, sendo expressas pelo parâmetro  $i$ . Os  
395 autores relatam que isso ocorre, dentre outros fatores, pelas diferenças de produtividade

396 que as cultivares apresentam o que ocasiona menor perda de rendimento por indivíduo  
397 de planta daninha, o que corrobora com o resultado encontrado no presente trabalho  
398 onde o híbrido Hyola 575 CL apresentou a menor perda de produtividade, no entanto,  
399 foi a que demonstrou menor rendimento de grãos ( $0,88 \text{ t ha}^{-1}$ ) se comparada a Hyola 50,  
400 Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL e Diamond com produtividade de 1,04; 1,07; 1,52;  
401 1,18 e  $2,09 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente, na ausência de competição.

402 A comparação entre as variáveis explicativas para todos os híbridos de canola,  
403 em geral, demonstrou melhor ajuste ao modelo para as variáveis CS>PP>MS>AF,  
404 considerando os maiores valores médios do  $R^2$ , do F e os menores valores médios do  
405 QMR (Figuras 1, 2, 3 e 4), evidenciando assim que a CS pode ser usada em substituição  
406 à variável PP. Ressalta-se que as duas variáveis (CS e PP) que demonstram os melhores  
407 ajustes ao modelo da hipérbole retangular são fáceis e rápidas de serem determinadas,  
408 além de apresentarem baixo custo de determinação das perdas de produtividades de  
409 grãos de canola a campo.

410 Para realizar a simulação dos valores de nível de dano econômico – NDE foi  
411 utilizado a variável explicativa perda de produtividade (PP) da canola, em razão desta  
412 ser a mais empregada em experimentos com esse objetivo (Agostinetto et al., 2010;  
413 Vidal et al., 2010; Kalsing e Vidal, 2013; Galon et al., 2019). Ressalta-se ainda que essa  
414 variável apresenta algumas vantagens com relação às outras, como a facilidade, rapidez  
415 e baixo custo para a determinação (Tironi et al., 2013).

416 Para obtenção de êxito na implantação de sistemas que visam o manejo de nabo  
417 infestante da cultura da canola é necessário que se faça a determinação na população  
418 que ultrapassa o NDE. Desta maneira observou-se que os híbridos Hyola 50, Hyola 76,  
419 571 CL e Hyola 575 CL apresentaram os maiores valores de NDE em todas as  
420 simulações realizadas, onde tiveram variações de 2,22 a  $6,22 \text{ plantas m}^{-2}$  (Figuras 5, 6, 7  
421 e 8). Os menores valores de NDE foram obtidos com os híbridos Hyola 433 e Diamond,  
422 com variações de 0,95 à  $2,11 \text{ plantas m}^{-2}$  (Figuras 5, 6, 7 e 8).

423 Em média quando foram comparados todos os híbridos desde os de menor com  
424 os de maior produtividade de grãos, observou-se uma diferença no NDE na ordem de  
425 50% (Figura 5). Desse modo quanto mais alto for o potencial produtivo dos híbridos,  
426 menor terá que ser a população de plantas de nabo necessária para superar o NDE,  
427 vindo a ser compensatória a realização de medidas de controle do nabo. A exploração  
428 da capacidade competitiva que uma cultura expressa é essencial para que se

429 desenvolvam práticas de manejo de plantas daninhas de baixo custo e sustentáveis (Jha  
430 et al., 2017).

431 Os resultados médios de todos os híbridos, desde o maior contra o menor preço  
432 pago pela saca de canola, obteve-se uma variação de 1,9 vezes maior no valor do NDE  
433 (Figura 6). Consequentemente, quanto menor for o preço pago pela saca de canola,  
434 maior será a população necessária de nabo para que se ultrapasse o NDE e que  
435 compense o método de controle. Para programas de manejo que utilizam a ferramenta  
436 de NDE em função do preço pago pela saca de canola, os híbridos mais competitivos  
437 foram Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 Cl e os menos competitivos  
438 Hyola 433 e o Diamond.

439 Quanto a relação da eficiência do método químico de controle utilizando o  
440 herbicida, observou-se que a eficiência média (90%) ao se comparar com a menor  
441 (80%) ou a maior (100%) tem-se alterações do NDE que variam de 25,0; 11,0; 12,5;  
442 11,0; 11,5% e 11,5% para os híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL,  
443 Hyola 575 CL e Diamond, respectivamente (Figura 7). Desse modo o nível de controle  
444 influencia o NDE, e, quanto mais elevada a eficiência do herbicida, menor o NDE, ou  
445 seja, menor número de plantas de nabo  $m^{-2}$  necessárias para adotar medidas de controle,  
446 fato esse constatado também por Agostinetto et al. (2010), quando estudaram a  
447 interferência de capim-arroz na cultura do arroz e Galon et al. (2019) ao trabalharem  
448 com cultivares de trigo infestadas por azevém.

449 Considerando o custo médio de controle de nabo em todos os híbridos,  
450 verificou-se que foi 40% menor o custo mínimo ao se comparar com o custo máximo.  
451 Desta maneira pode-se perceber que quanto maior for o custo do método de controle,  
452 maiores serão os NDEs e consequentemente mais plantas de nabo  $m^{-2}$  são necessárias  
453 para se justificar as medidas de controle (Figura 8).

454 Para se fazer a utilização do NDE como uma ferramenta no manejo de plantas  
455 daninhas, este deve estar associado as boas práticas agrícolas no manejo da canola, visto  
456 que sua implantação somente se evidencia em lavouras que utilizem um adequado  
457 sistema de rotação de culturas, arranjo de plantas apropriado, utilização de cultivares  
458 mais competitivas, adequadas épocas de semeadura, fertilidade do solo corrigida, áreas  
459 sem infestação de nabo, solo sem compactação, dentre outras inúmeras estratégias de  
460 aumento de produção.

461 Torna-se necessário aumentar a produção de alimentos, pois até 2050 a  
462 população mundial será de 9 bilhões de pessoas (Westwood et al., 2018). Com isso é

463 imprescindível que se busquem novos métodos de produzir alimentos e de controlar as  
464 plantas daninhas. As plantas daninhas têm causado elevadas perdas da produtividade e  
465 da qualidade do produto colhido, além de serem hospedeiras de pragas. Em muitas  
466 situações o uso desnecessário de herbicidas para o controle de plantas daninhas tem  
467 contaminado o ambiente, elevado os custos de produção, aumentando os casos de  
468 resistência (Kamkar et al., 2014).

469 O NDE pode ser utilizado com uma tendência que irá auxiliar na redução do uso  
470 de herbicidas e favorecer a produção de alimentos mais seguros, pois como afirmam  
471 Shaner e Beckie (2014) e Westwood et al. (2018) precisa-se de novas estratégias, ou até  
472 mesmo a integração de tecnologias antigas e novas no manejo das plantas nos mais  
473 diversificados sistemas produtivos.

474 Pesquisas relatam que ocorre uma diferenciação na habilidade competitiva das  
475 culturas infestadas por plantas daninhas, isso pode ser atribuído por apresentarem um  
476 conjunto de características morfofisiológicas que são inerentes as mesmas (Kalsing e  
477 Vidal, 2013; Parreira et al., 2014).

478 Galon et al. (2015), quando estudaram a competitividade de canola *versus*  
479 azevém e nabo, observaram que a competição entre plantas da mesma família foi mais  
480 prejudicial em todos os quesitos avaliados, pois elas competiram pelo mesmo nicho  
481 ecológico. Desse modo a identificação das cultivares ou híbridos mais competitivos  
482 com as plantas daninhas torna-se interessante para adoção de algum método de controle  
483 quando essas atingirem o NDE e também pode-se usar menos herbicidas para o manejo  
484 das mesmas, com menor custo e menor contaminação ambiental.

485 Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que: o modelo de regressão não-  
486 linear da hipérbole retangular estima adequadamente as perdas de produtividade de  
487 grãos de canola na presença das plantas de nabo; os híbridos de canola Hyola 575 CL,  
488 Hyola 50, Hyola 76 e o Hyola 571 CL apresentam maior competitividade com o nabo  
489 do que os híbridos, Hyola 433 e Diamond; a variável cobertura do solo apresenta  
490 melhor ajuste ao modelo, embora a população de plantas, cobertura do solo, área foliar e  
491 massa seca da parte aérea mostraram-se adequadas para substituí-la na previsão da  
492 perda de produtividade de grãos de canola devido à interferência do nabo; a presença de  
493 uma planta de nabo  $m^{-2}$  ocasiona perda média de produtividade de grãos variável entre  
494 1,5 e 4,6%, dependendo do híbrido; os níveis de dano econômico para o nabo variam  
495 em função dos híbridos de canola e das populações da planta daninha; a utilização dos  
496 híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL aumentaram o nível de

497 dano econômico em canola; os valores dos níveis de danos econômicos variam de 2,86  
498 a 5,95; 2,43 a 5,05; 2,22 a 5,43 e 2,99 a 6,22 plantas de nabo m<sup>-2</sup> para os híbridos Hyola  
499 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL, respectivamente em função das variáveis  
500 simuladas; os híbridos Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 e o Hyola 571 CL  
501 apresentam as maiores competitividades com o nabo, apresentando em todas as  
502 variáveis estudadas, valores de níveis de dano econômico de 2,22 a 6,22 plantas m<sup>-2</sup> da  
503 planta daninha e acréscimo na produtividade de grãos, no preço da canola, na eficiência  
504 do herbicida e a redução do custo de controle reduzem os valores do nível de dano  
505 econômico, justificando a adoção de medidas de controle em menores populações de  
506 nabo.

507

508

## REFERÊNCIAS

509 Agostinetto, D. et al. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura  
510 do trigo. **Planta Daninha**. 2008; 26: 271-278.

511 Agostinetto, D. et al. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o  
512 arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**. 2010; 28: 993-1003.

513 Agostinetto, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com  
514 arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2013; 48: 1315-1322.

515 Angus, J. F. et al. Break crops and rotations for wheat. **Crop and Pasture Science**.  
516 2015; 66: 523-552.

517 Askew, S. D.; Wilcut, J. W. Tropic croton interference in cotton. **Weed Science**. 2001;  
518 49: 184-189.

519 Barroso, A.A.M. et al. Interferência entre espécies de planta daninha e duas cultivares  
520 de feijoeiro em duas épocas de semeadura. **Bragantia**. 2010; 69: 609-616.

521 Beckie, H. J. et al. Productivity and quality of canola and mustard cultivars under weed  
522 competition. **Canadian Journal of Plant Science**. 2008; 88: 367-372.

523 Bertholdsson, N.-O. Breeding spring wheat for improved allelopathic potential. **Weed**  
524 **Research**. 2010; 50: 49-57.

525 Bianchi, M. A. et al. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as  
526 relações de interferência mútua. **Ciência Rural**. 2006; 36: 1380-1387.

527 Cargnelutti Filho A., Storck L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em  
528 ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**. 2007; 42:17-24.

529 Centro Estadual de Meteorologia - Cemetrs. Porto Alegre- RS, 2012.

530 Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira.  
531 [Acesso em 25 de jan. de 2019].

532 Corrêa, M. J. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão  
533 caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**. 2016; 13: 50-56.

534 Cousens, R. Um modelo empírico relacionando o rendimento de culturas com a  
535 densidade de plantas daninhas e culturas e uma comparação estatística com outros  
536 modelos. **The Journal of Agricultural Science**. 1985; 105: 513-521.

537 Cousens, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference)  
538 experiments. **Weed Technology**. 1991; 5: 664-673.

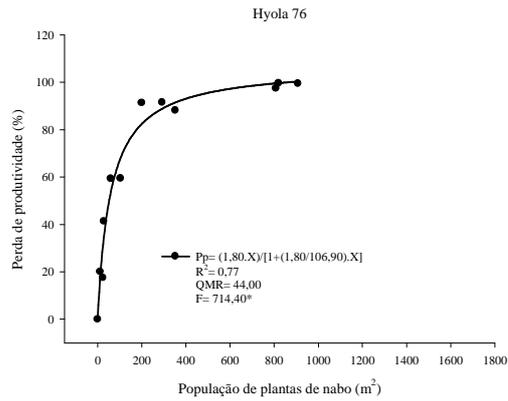
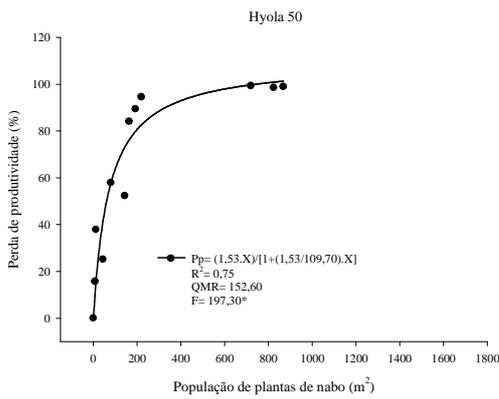
539 Dieleman, A. et al. Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in  
540 soybean (*Glycine max*). **Weed Science**. 1995; 43: 612-618.

- 541 Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Embrapa -. Sistema brasileiro de  
542 classificação de solos. Embrapa Solos. 2013; 154 p.
- 543 Fleck, N. G. et al. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas  
544 à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**. 2003; 21: 97-104.
- 545 Forte, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo  
546 com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 2017; 12: 185-193.
- 547 Forte, C. T. et al. Cultivation systems, vegetable soil covers and their influence on the  
548 phytosociology of weeds. **Planta Daninha**. 2018; 36: e018176776.
- 549 Frandoloso, F.S. **Habilidade competitiva e nível de dano econômico de papuã**  
550 **(*Urochloa plantaginea*) em milho**. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado – Programa de  
551 Pós-Graduação em Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade  
552 Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, 2018.
- 553 Galon, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz  
554 (*Echinochloa spp.*) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**. 2007; 25: 709-  
555 718.
- 556 Galon, L. et al. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com  
557 azevém. **Planta Daninha**. 2011; 29: 771-781.
- 558 Galon, L. et al. Competitive interaction of rice genotypes against alexandergrass. **Planta**  
559 **Daninha**. 2014; 32: 533-542.
- 560 Galon, L. et al. Competitive ability of canola hybrids with weeds. **Planta Daninha**.  
561 2015; 33: 413-423.
- 562 Galon, L. et al. Interference and economic threshold level for control of beggartick on  
563 bean cultivars. **Planta Daninha**. 2016; 34: 411-422.
- 564 Galon, L. et al. Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in  
565 wheat. **Bragantia**, 2019. NO PRELO.
- 566 Guth, R. B. et al. Efeito de diferentes espaçamentos entrelinhas de cultivo sobre as  
567 características fenotípicas de canola. **1º Simpósio Brasileiro de Canola**, Passo Fundo-  
568 RS. 2017; 88 p.
- 569 Jha, P. et al. Weed management using crop competition in the United States: A  
570 review. **Crop Protection**. 2017; 95: 31-37.
- 571 Kalsing, A.; Vidal, R. A. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. **Planta**  
572 **Daninha**. 2013; 31: 843-850.
- 573 Kamkar, B. et al. Assessment of land suitability and the possibility and performance of  
574 a canola (*Brassica napus* L.)–soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of  
575 Golestan province, Iran. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space**  
576 **Science**. 2014; 17: 95-104.

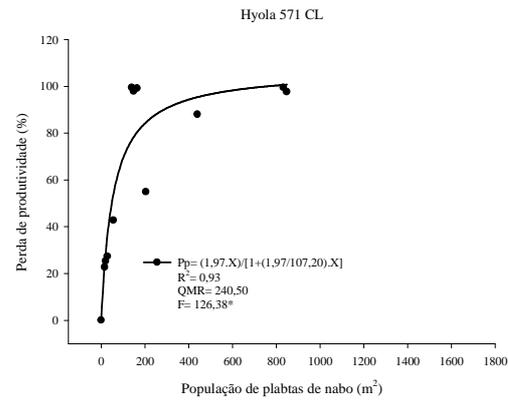
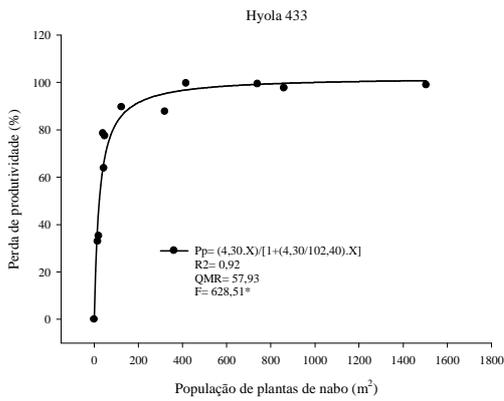
- 577 Kaur, S. et al. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their  
578 implications for weed management in agricultural systems. **Crop Protection**. 2018;  
579 103: 65-72.
- 580 Kirkegaard, J. A. et al. The critical period for yield and quality determination in canola  
581 (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**. 2018; 222: 180-188.
- 582 Lindquist, J. L.; Kropff, M. J. Applications of an ecophysiological model for irrigated  
583 rice (*Oryza sativa*)-Echinochloa competition. **Weed Science**. 1996; 44: 52-56.
- 584 Lemerle, D. et al. Agronomic interventions for weed management in canola (*Brassica*  
585 *napus* L.)—A review. **Crop Protection**. 2017; 95: 69-73.
- 586 Lowry, C. J.; Smith, R. G. Weed Control Through Crop Plant Manipulations. In: **Non-**  
587 **Chemical Weed Control**. 2018; 167 p.
- 588 Mendham, N.J.; Robertson, M.J. Canola: Agronomy. **Encyclopedia of Food Grains**  
589 (Second Edition). 2016; 4: 207-215.
- 590 Parreira, M. C. et al. Comparação entre métodos para determinar o período anterior à  
591 interferência de plantas daninhas em feijoeiros com distintos tipos de hábitos de  
592 crescimento. **Planta Daninha**. 2014; 32: 727-738.
- 593 Ratkowsky, D.A. **Nonlinear regression modeling: a unified practical approach**. New  
594 York: Marcel Dekker. 1983; 135-154.
- 595 Rigoli, R. P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em  
596 convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus*  
597 *raphanistrum*). **Planta Daninha**. 2008; 26: 93-100.
- 598 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS. Núcleo Regional Sul/Comissão de  
599 Química e Fertilidade do Solo-RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados  
600 do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11<sup>a</sup>.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de  
601 Ciência do Solo; 2016. 376p
- 602 Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD. Procedimentos para  
603 instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: 1995. 42p.
- 604 Shaner, D. L.; Beckie, H. J. The future for weed control and technology. **Pest**  
605 **management science**. 2014; 70: 1329-1339.
- 606 Streibig, J. C. et al. Estimation of thresholds for weed control in Australian cereals.  
607 **Weed Research**. 1989; 29: 117-126.
- 608 Swinton, S.M. et al. Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed  
609 species. **Weed Science**. 1994; 42: 103-109.
- 610 Tironi, S. P. et al. Interferência de populações de *Brachiaria brizantha* na produtividade  
611 de cultivares de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**. 2013; 8: 21-  
612 26.

- 613 Tironi, S. P. et al. Time of emergency of ryegrass and wild radish on the competitive  
614 ability of barley crop. **Ciência Rural**. 2014; 44: 1527-1533.
- 615 Tomm, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do**  
616 **Sul**. Embrapa Trigo, 2007. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2007.68 p.
- 617 Tomm, G. O. et al. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da**  
618 **produção de canola no Brasil**. Embrapa Trigo, 2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo,  
619 2009. 27 p.
- 620 Vargas, L. et al. **Seletividade de herbicidas para a canola PFB-2**. Passo Fundo:  
621 Embrapa Trigo, 2011. 14 p.
- 622 Vidal, R. A. et al. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e  
623 *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural**. 2010; 40: 1675- 1681.
- 624 Westwood, J. H. et al. Weed Management in 2050: Perspectives on the Future of Weed  
625 Science. **Weed Science**. 2018; 66: 275-285.
- 626 Williams, M. M. et al. Crop competitive ability contributes to herbicide performance in  
627 sweet corn. **Weed Research**. 2008; 48:58-67.
- 628 Worthington, M. et al. Relative contributions of allelopathy and competitive traits to the  
629 weed suppressive ability of winter wheat lines against Italian ryegrass. **Crop Science**.  
630 2015; 55: 57-64.
- 631 Yenish, J.P. et al. Wheat (*Triticum aestivum*) yield reduction from common milkweed  
632 (*Asclepias syriaca*) competition. **Weed Science**. 1997; 45: 127-131.
- 633

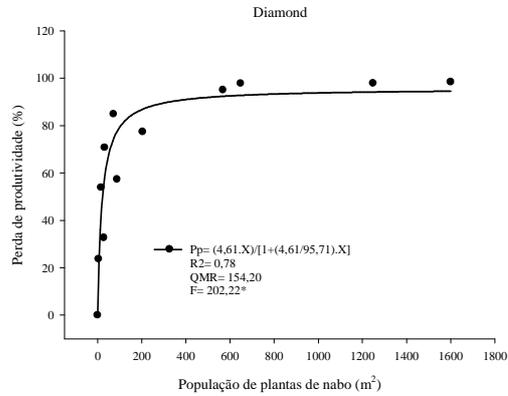
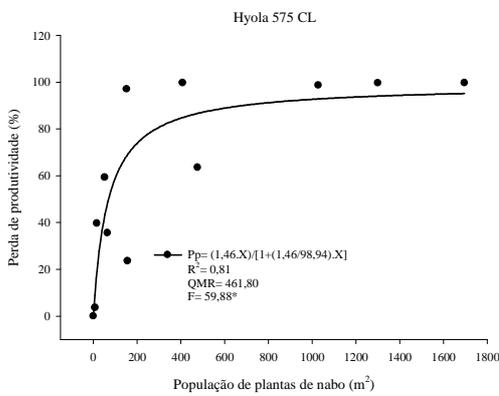
634



635



636

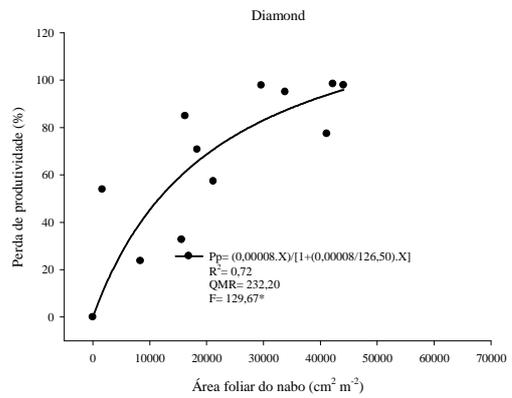
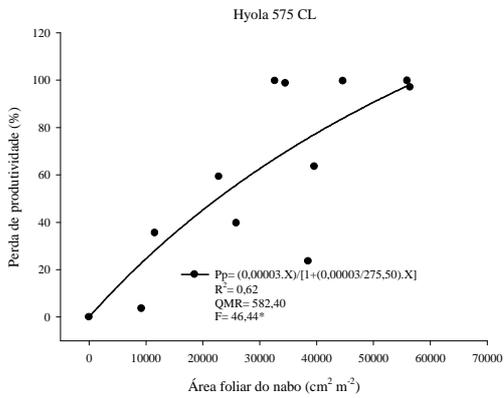
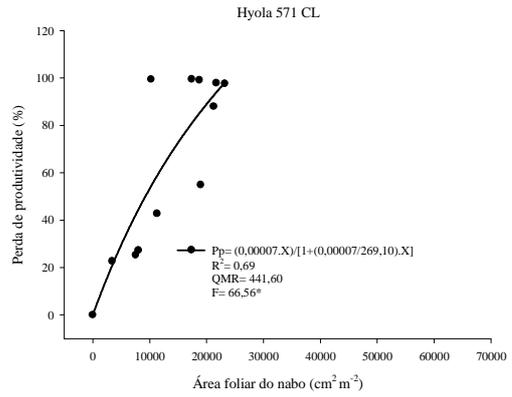
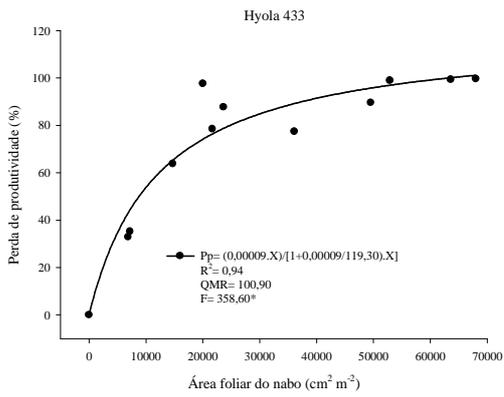
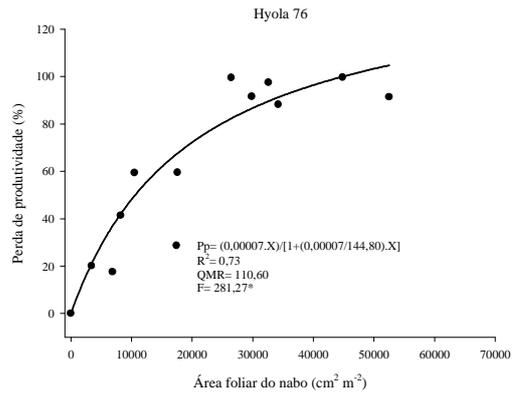
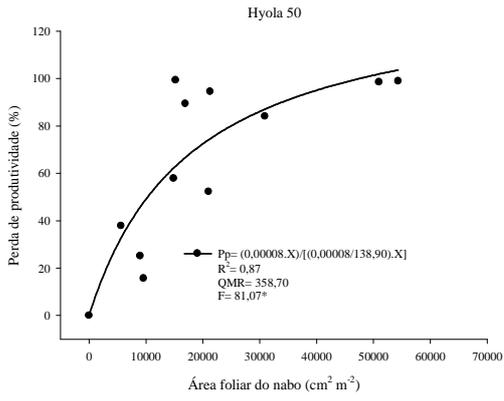


637

638 **Figura 1.** Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da população de plantas po m<sup>-2</sup> de  
 639 nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018. R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinação; QMR:  
 640 quadrado médio do resíduo; \* Significativo a p≤0,05.

641

642



643

644

645

646

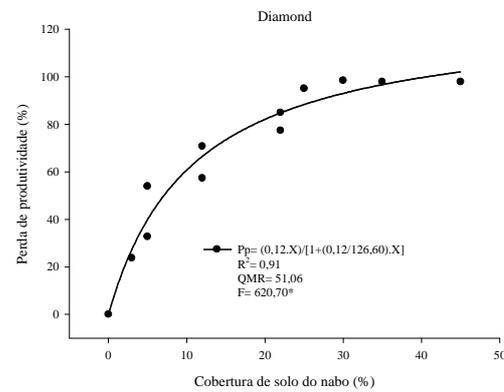
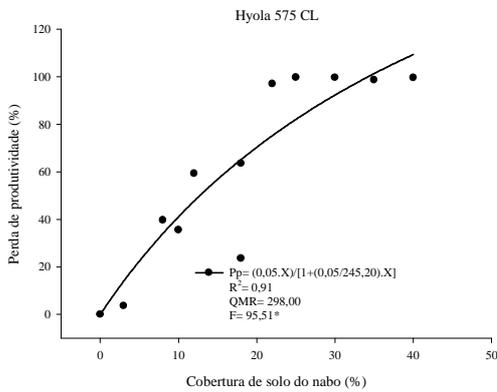
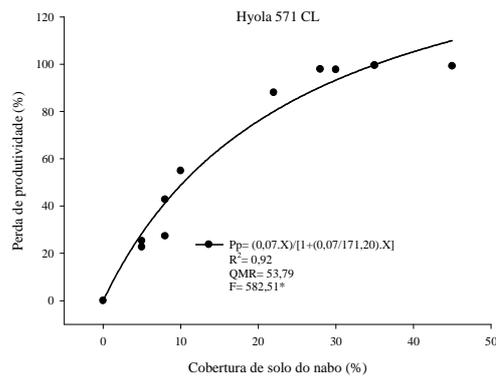
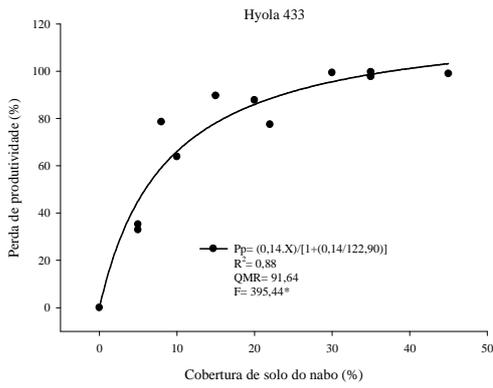
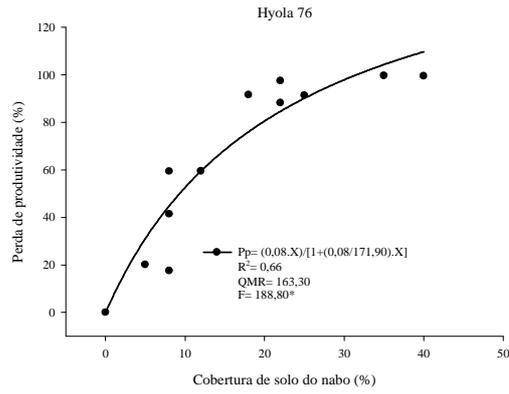
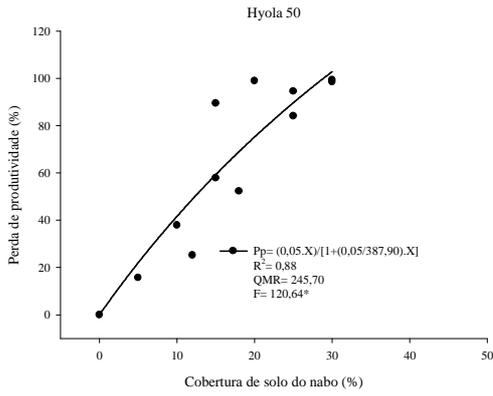
647

648

649

650

**Figura 2.** Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da área foliar ( $\text{cm}^2 \text{m}^{-2}$ ) de nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018.  $R^2$ = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; \* Significativo a  $p \leq 0,05$ .



651

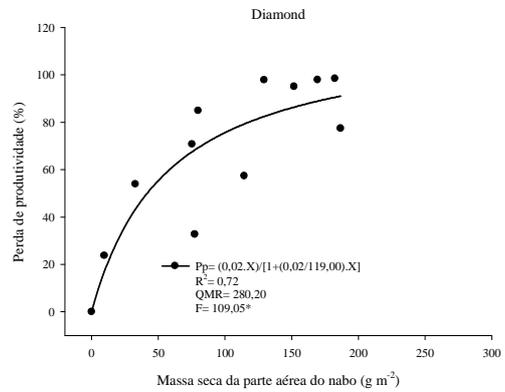
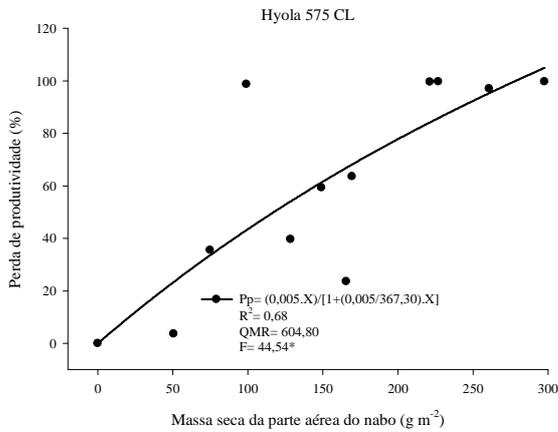
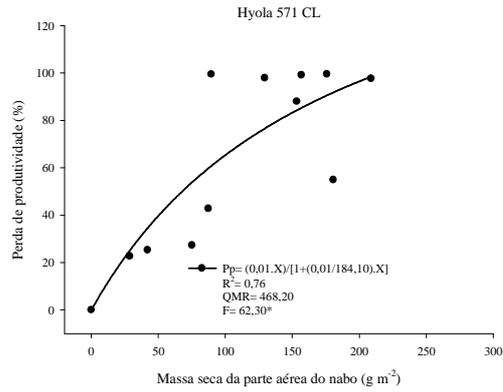
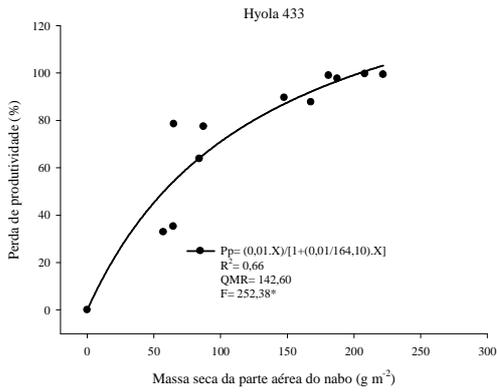
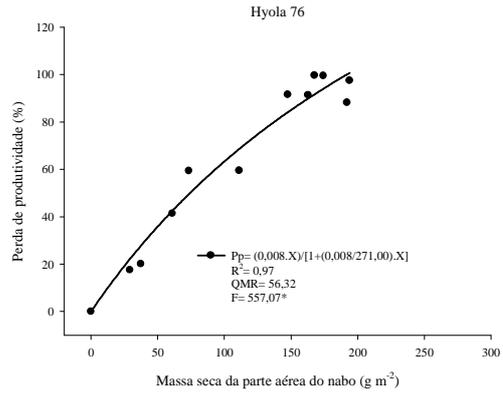
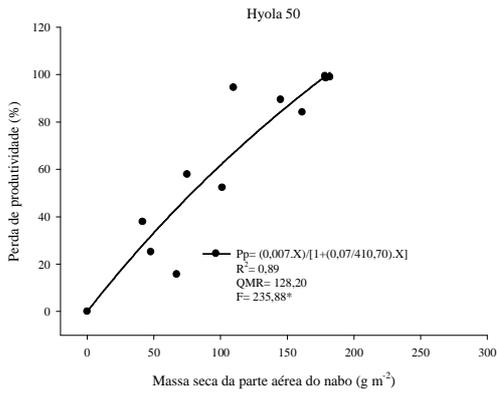
652

653

654 **Figura 3** Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da cobertura do solo (%) do nabo  
 655 aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018. R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinação; QMR:  
 656 quadrado médio do resíduo; \* Significativo a p≤0,05.

657

658

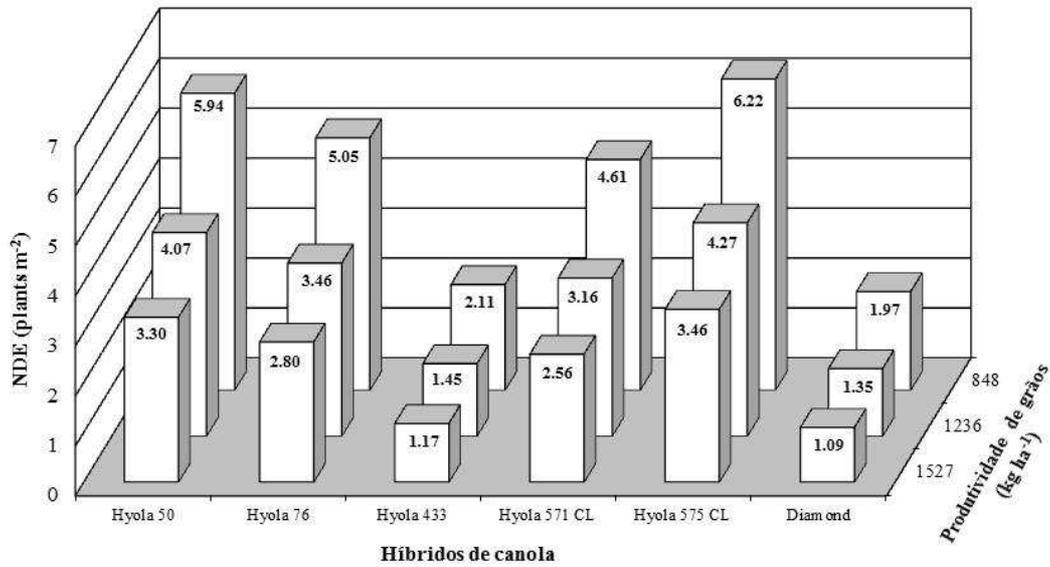


659

660

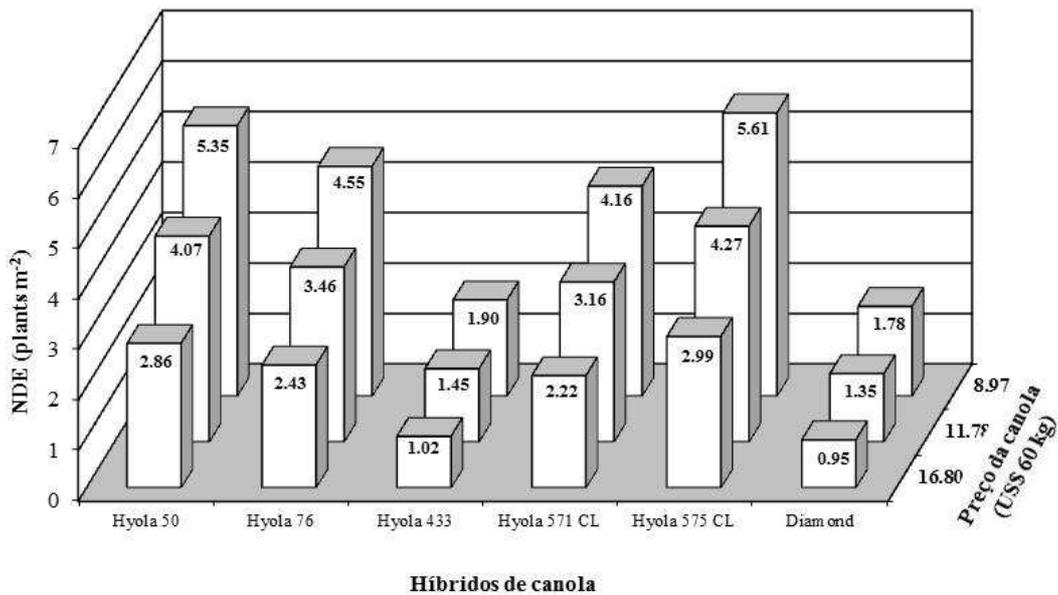
661

662 **Figura 4.** Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da massa seca da parte aérea (g  
 663  $\text{m}^{-2}$ ) de nabo aos 51 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2018.  $R^2$  = Coeficiente de determinação;  
 664 QMR: quadrado médio do resíduo; \* Significativo a  $p \leq 0,05$   
 665



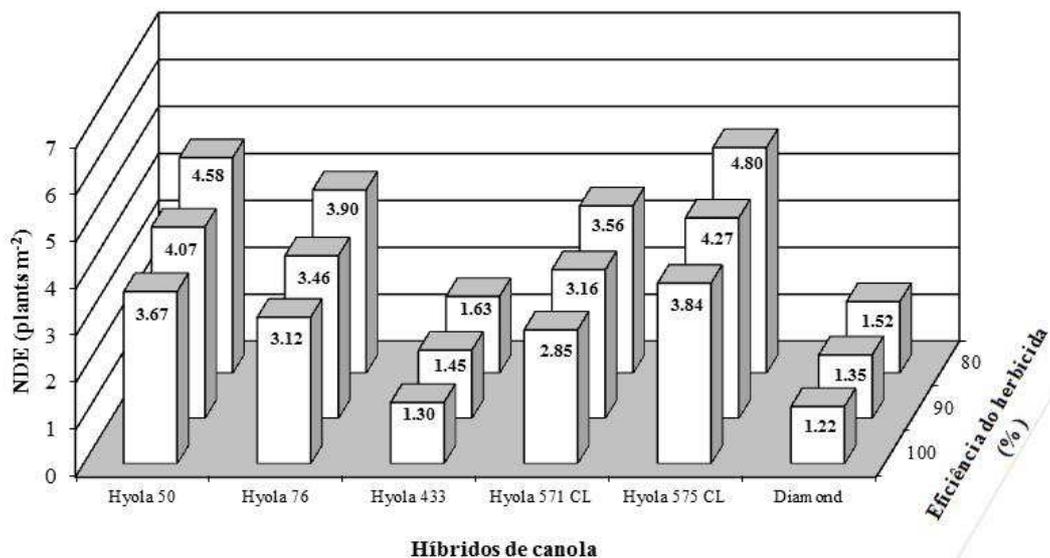
666

667 **Figura 5.** Nível de dano econômico (NDE) em função da produtividade de grãos, população de nabo e  
 668 híbridos de canola.  
 669



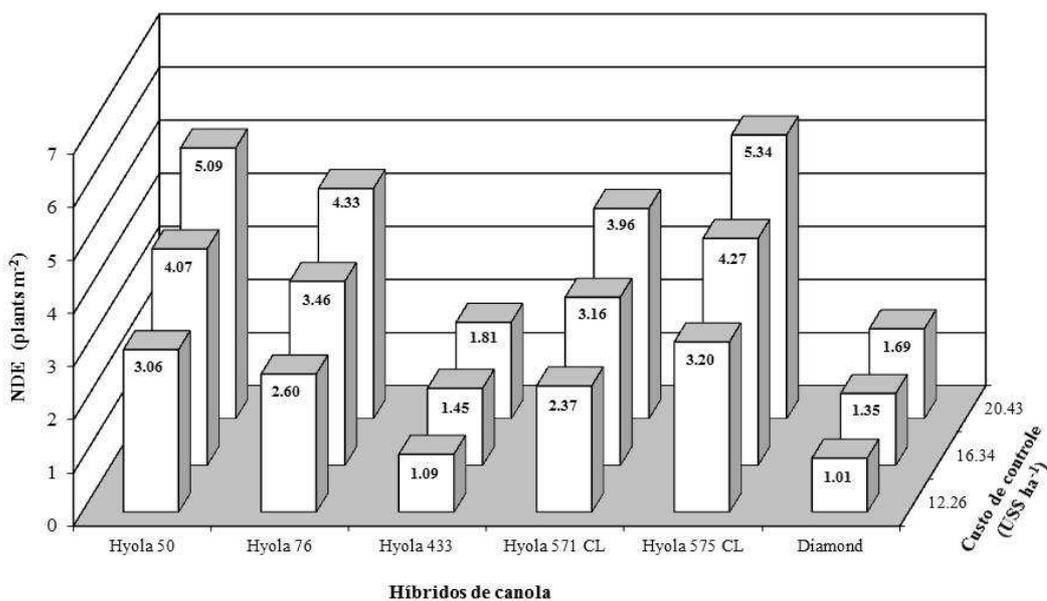
670

671 **Figura 6.** Nível de dano econômico (NDE) em função do preço de grãos, população de nabo e híbridos  
 672 de canola.  
 673



674

675 **Figura 7.** Nível de dano econômico (NDE) em função da eficiência do herbicida, população de nabo e  
 676 híbridos de canola.  
 677



678

679 **Figura 8.** Nível de dano econômico (NDE) em função do custo de controle, população de nabo e híbridos  
 680 de canola.  
 681  
 682

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis fisiológicas, taxa fotossintética, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa de transpiração, condutância estomática de vapores de água, eficiência de carboxilação e uso eficiente da água não apresentaram alterações significativas ao conviverem com as plantas daninhas, nabo, azevém e aveia preta.

A massa seca da parte aérea teve redução de 79,21% quando a cultura da canola esteve sempre em competição com as plantas daninhas, azevém, nabo e aveia preta. Já a população de plantas m<sup>-2</sup> não sofreu influência do tempo de convivência.

A altura das plantas de canola apresentou redução de 29,46% quando a cultura conviveu todo o ciclo com as plantas daninhas.

A área foliar teve redução de 60,54% quando as plantas de canola conviveram com as plantas daninhas nabo, azevém e aveia-preta por todo ciclo.

O diâmetro de caule reduziu com o aumento do período da convivência da cultura com as plantas daninhas.

O número de síliquas e a massa de mil grãos sofreram redução conforme aumentou-se o período de competição com as plantas daninhas nabo, azevém e aveia-preta.

O período anterior a interferência (PAI) das plantas daninhas azevém, nabo e aveia preta vai até 25 DAE da canola. O período crítico de prevenção a interferência (PCPI) para a cultura da canola vai dos 25 aos 60 DAE. E o período total de prevenção a interferência (PTPI) é de 60 DAE.

A interferência das plantas daninhas reduziu em 94,05% a produtividade de grãos da cultivar de canola Diamond quando essa não recebeu controle de azevém, nabo e aveia preta.

O modelo de regressão não-linear da hipérbole retangular estima adequadamente as perdas de produtividade de grãos de canola na presença das plantas de nabo.

Os híbridos de canola Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 e o Hyola 571 CL apresentam maior competitividade com o nabo do que os híbridos, Hyola 433 e Diamond.

A variável cobertura do solo apresenta melhor ajuste ao modelo, embora a população de plantas, cobertura do solo, área foliar e massa seca da parte aérea mostraram-se adequadas para substituí-la na previsão da perda de produtividade de grãos de canola devido à interferência do nabo.

A presença de uma planta de nabo  $m^{-2}$  ocasiona perda de produtividade de grãos variável entre 1,5 e 4,6%, dependendo do híbrido.

Os níveis de dano econômico para o nabo variam em função dos híbridos de canola e das populações da planta daninha.

A utilização dos híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL aumentaram o nível de dano econômico em canola.

Os valores dos níveis de danos econômicos variam de 2,86 a 5,95; 2,43 a 5,05; 2,22 a 5,43 e 2,99 a 6,22 plantas de nabo  $m^{-2}$  para os híbridos Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL e Hyola 575 CL, respectivamente em função das variáveis simuladas.

Os híbridos Hyola 575 CL, Hyola 50, Hyola 76 e o Hyola 571 CL apresentam as maiores competitividade com o nabo, apresentando em, todas as variáveis estudadas, valores de níveis de dano econômico de 2,22 a 6,22 plantas  $m^{-2}$  da planta daninha.

Acréscimo na produtividade de grãos, no preço da canola, na eficiência do herbicida e a redução do custo de controle reduzem os valores do nível de dano econômico, justificando a adoção de medidas de controle em menores populações de nabo.