



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

Alessandro Konzen

**HABILIDADE COMPETITIVA, PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE
DANO ECONÔMICO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA**

Erechim/RS, Fevereiro de 2021

ALESSANDRO KONZEN

**HABILIDADE COMPETITIVA, PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE
DANO ECONÔMICO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA**

Dissertação apresentada para o Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal
da Fronteira Sul – Erechim/RS.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Coorientador: Prof. Dr. Hugo Von Linsingen Piazzetta

Erechim/RS, fevereiro de 2021



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 003/PPGCTA-2021

Aos dezenove dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e um, às treze horas e quarenta e cinco minutos, na UFFS Campus Erechim, reuniu-se, para defesa da dissertação apresentada por **Alessandro Konzen**, do Programa de Pós-Graduação, *Stricto Sensu*, em Ciência e Tecnologia Ambiental, intitulada: **“Habilidade competitiva, períodos de interferência e nível de dano econômico de plantas daninhas na cultura da soja”**, a Banca Examinadora, composta pelos professores: Prof. D. Sc. Leandro Galon (Orientador/presidente – UFFS), Prof. Dr. Hugo Von Linsingen Piazzetta (Coorientador – UFFS – Membro Titular Externo), Prof. D. Sc. José Barbosa dos Santos (Membro titular Externo – UFVJM, Diamantina/MG) e pelo pesquisador Dr. Cristiano Piasecki (Membro Titular externo - ATSI Brasil Excelência), todos participaram por videoconferência, seguindo orientações da Portaria Nº 303/GR/UFFS/2020. O professor Orientador/Presidente deu por aberta a sessão e logo a seguir passou a palavra ao mestrando, 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: *Efetuar todas as correções e sugestões propostas pela banca.*

A 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 mestrando.

Erechim/RS, 19 de fevereiro de 2021.

Alessandro Konzen	
Prof. D. Sc. Leandro Galon	
Prof. Dr. Hugo Von Linsingen Piazzetta	
Prof. D. Sc. José Barbosa dos Santos	
Pesquisador Dr. Cristiano Piasecki	

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

, Alessandro Konzen

HABILIDADE COMPETITIVA, PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA / Alessandro Konzen . -- 2021.

78 f.

Orientador: D.Sc. Leandro Galon

Co-orientador: Dr. Hugo Von Linsingen Piazzetta

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Erechim, RS, 2021.

1. Glycine max L. 2. Sida rhombifolia L.. 3. Urochloa plantaginea. I. Galon, Leandro, orient. II. Piazzetta, Hugo Von Linsingen, 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).

Sumário

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 REFERÊNCIAS	18
3 ARTIGO I (Advances in Weed Science)	21
INTERAÇÃO COMPETITIVA DE CULTIVARES DE SOJA COM GUANXUMA	21
Introdução	22
Material e Métodos	24
Resultados e Discussão	26
Conclusões	32
Agradecimentos	32
Referências	32
4 ARTIGO II (Advances in Weed Science)	42
INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE <i>Sida rhombifolia</i> EM CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICAS	42
Introdução	43
Material e métodos	45
Resultados e discussão	49
Conclusões	55
Agradecimentos	56
Referências	56
5 ARTIGO III (Advances in Weed Science)	65
PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PAPUÃ EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DA CULTURA DA SOJA	65
Introdução	66
Material e métodos	67
Resultados e discussão	70
Conclusões	76
Referências	76
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

Figuras

- Figura 1.** Produtividade relativa (PR) para altura de plantas (cm) das plantas de guanxuma (●) e para as cultivares de soja (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja: guanxuma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.....28
- Figura 2.** Produtividade relativa (PR) para diâmetro de caule (mm) das plantas de guanxuma (●) e para as cultivares de soja (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja : guanxuma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações. UFFS, 2016.....29
- Figura 3.** Produtividade relativa (PR) para área foliar ($\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$) das plantas de guanxuma (●) e para as cultivares de soja (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja : guanxuma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações. UFFS, 2016.....30
- Figura 4.** Produtividade relativa (PR) para massa seca (g vaso^{-1}) das plantas de guanxuma (●) e para as cultivares de soja (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja : guanxuma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.....31

Figura 5: Precipitação pluvial e temperatura média diária durante o ciclo da cultura da soja de outubro de 2017 a fevereiro de 2018, UFFS, Erechim/RS. Fonte: Inmet (2018).....	40
Figura 6. Perda de produtividade (PP) de cultivares de soja em função da densidade de plantas de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS, 2017/18. R ² = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a p≤0,05.....	53
Figura 7. Perda de produtividade (PP) de cultivares de soja em função da área foliar guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS, 2017/18. R ² = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a p≤0,05.....	54
Figura 8. Perda de produtividade (Pp) de cultivares de soja em função da cobertura do solo (%) de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS, 2017/18. R ² = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a p≤0,05.....	55
Figura 9: Perda de produtividade (PP) de cultivares de soja em função da massa seca da parte aérea de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS, 2017/18. R ² = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a p≤0,05.....	56
Figura 10. Nível de dano econômico (NDE) de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) em função da produtividade de grãos e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS, 2019.....	57
Figura 11. Nível de dano econômico (NDE) de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) em função do preço da cultura e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS, 2019.....	57
Figura 12. Nível de dano econômico (NDE) de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) em função do custo de controle e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS, 2019.....	58
Figura 13. Nível de dano econômico (NDE) de guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>) em função da eficiência do herbicida e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS, 2019.....	58
Figura 14. Precipitação pluvial e temperatura média diária no período do ciclo da cultura da soja. Fonte: Inmet, 2018.....	62

Figura 15. Produtividade de grãos da soja (kg ha^{-1}) cultivar Brasmax Elite, em função dos períodos de convivência (●) e de controle (○) de papuã (*Urochloa plantaginea*). PAI: período anterior a interferência; PTPI: período total de prevenção a interferência e PCPI: período crítico de prevenção a interferência. Barras verticais correspondem ao desvio padrão da amostra. * Significativo a $p \leq 0,05$69

Tabelas

- Tabela 1.** Respostas morfológicas de cultivares de soja (*Glycine max*) submetidos a interferência do competidor guanxuma (*Sida Rhombifolia*), expressas em altura de plantas (A), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS), em experimento conduzido em série substitutiva, avaliação aos 55 dias após a emergência das plantas.....32
- Tabela 2.** Índices de competitividade entre cultivares de soja (*Glycine max*) com a planta daninha guanxuma (*Sida rhombifolia*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas, para as variáveis: Altura de plantas (A), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS) aos 55 dias após a emergência das plantas. UFFS, 2016.....33
- Tabela 3.** Efeito dos períodos de convivência ou de controle de *Urochloa plantaginea* (papuã) sobre a altura (cm) e diâmetro de caule (mm) das plantas de soja cultivar Brasmax Elite IPRO Elite IPRO, Erechim/RS, 2017.....65
- Tabela 4.** Efeito dos períodos de convivência ou de controle de *Urochloa plantaginea* (papuã) sobre a área foliar e a massa seca da parte aérea da soja, cultivar Brasmax Elite IPRO. UFFS, Erechim/RS, 2017.....66
- Tabela 5.** Efeito dos períodos de convivência ou de controle de *Urochloa plantaginea* (papuã) sobre o número de vagens por planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹ e massa de mil grãos (g) de soja, cultivar Brasmax Elite IPRO. UFFS, Erechim/RS, 2017.....68

RESUMO GERAL: A competição de plantas daninhas em culturas agrícolas é um dos fatores que geram perdas significativas na produção. As principais plantas daninhas presentes em lavouras incluem *Conyza* sp. (buva), nome científico (capim-amargoso), papuã, milhã, trapoeraba, guanxuma, *Amaranthus* sp. (caruru) dentre outras. A soja é a principal oleaginosa cultivada no mundo e no Brasil. Dessa forma, conhecer o comportamento competitivo dessas espécies com a soja é de suma importância para adoção de estratégias de manejo que aliem a sustentabilidade dos sistemas com controle eficiente. O presente trabalho teve por objetivo estudar a habilidade competitiva de papuã e guanxuma em soja, seus respectivos períodos de interferência (PI) e nível de dano econômico (NDE). Os trabalhos de habilidade competitiva foram conduzidos em casa de vegetação em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. Os competidores avaliados foram a guanxuma com as cultivares de soja BMX Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO. As proporções de plantas utilizadas (cultura:planta daninha) foram de 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100, o que correspondeu a 20:0; 15:5; 10:10; 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹. Os estudos de NDE foram compostos pelas cultivares de soja NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e SYN 13561 IPRO e densidades de guanxuma para cada respectivo cultivar de 0, 2, 3, 4, 9, 15, 16, 23, 22 e 58; 0, 2, 3, 3, 6, 6, 10, 11, 18 e 47; 0, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 15 e 24; 0, 1, 4, 6, 12, 18, 19, 31, 44 e 50; 0, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 20, 20 e 47; e 0, 2, 3, 5, 9, 11, 15, 18, 29 e 30 plantas m⁻²). Para o trabalho de períodos de interferência a cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Elite IPRO, sendo os tratamentos separados em dois modelos de interferência: no grupo de “convivência”, a soja conviveu com o papuã por períodos de 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência, bem como, por todo o ciclo; no grupo de controle, a cultura foi mantida livre da infestação pelos mesmos períodos descritos anteriormente. As variáveis avaliadas foram as morfofisiológicas da cultura e da planta daninha para o estudo de interferência. A competição entre as cultivares de soja na presença de guanxuma ocorreu independentemente da proporção de plantas, provocando reduções em todas as variáveis avaliadas. Destaca-se que houve competição pelos mesmos recursos do meio entre a cultura da soja e a guanxuma. Algumas cultivares de soja foram mais competitivas que outras, demonstrando que existe variabilidade genética. Os valores de NDE variaram de 0,55 a 0,95 plantas m⁻² para as cultivares NS 6909 IPRO, NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO as quais demonstraram maior competitividade com a guanxuma. Os menores valores de NDE foram de 0,26 a 0,61 plantas m⁻², sendo que apresentam as menores competitividades com a guanxuma. Nos experimentos com o competidor papuã os períodos de interferência foram estabelecidos como, período crítico de prevenção a interferência (PCPI), o qual compreende dos 26 aos 41

DAE; o período anterior a interferência (PAI) foi de 26 DAE, e o período total de prevenção a interferência (PTPI) foi de 41 dias. Quando a soja for infestada pela guanxuma e o papuã há necessidade de se efetuar o manejo dessas espécies para evitar perdas na produtividade de grãos e consequentemente prejuízos ao produtor.

Palavras-chave: *Glycine max* L., *Sida rhombifolia* L., *Urochloa plantaginea*.

ABSTRACT: Weed competition in agricultural crops is one of the most important factors responsible for remarkable losses, what also occurs in soybean. The main weeds present in soybean fields include hairy fleabane, sourgrass, alexandergrass, crabgrass, tropical spiderwort and arrowleaf sida, among others, so knowing the competitive behavior of these plants against soybean is important to support adoption of control strategies that combine the agricultural sustainability with weed control excellence. This study aimed to study the competitive ability of alexandergrass and guanxuma in soybeans, their respective periods of interference (PI) and level of economic damage (NDE). Competitive skill work was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with four replications. The competitors evaluated were the arrowleaf sida with the soybean cultivars BMX Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite and Nidera 5445 IPRO. The proportions of plants used (culture: weed) were 100: 0; 75:25; 50:50; 25:75 and 0: 100, which corresponded to 20: 0; 15: 5; 10:10; 5:15 and 0:20 pot-1 plants. The NDE studies were composed of the soybean cultivars NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO and SYN 13561 IPRO and densities of arrowleaf sida for each respective cultivar of 0, 2, 3, 4, 9, 15, 16, 23, 22 and 58; 0, 2, 3, 3, 6, 6, 10, 11, 18 and 47; 0, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 15 and 24; 0, 1, 4, 6, 12, 18, 19, 31, 44 and 50; 0, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 20, 20 and 47; and 0, 2, 3, 5, 9, 11, 15, 18, 29 and 30 plants m⁻²). Brasmax Elite IPRO was used for the work of interference periods, with the treatments being separated into two interference models: in the “coexistence” group, soybeans lived with alexandergrass for periods of 0, 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after the emergency, as well as, throughout the cycle; in the control group, the culture was kept free from infestation for the same periods previously described. The variables evaluated were the morphophysiological of the crop and the weed for the study of interference. The competition between soybean cultivars in the presence of arrowleaf sida occurred regardless of the proportion of plants, causing reductions in all evaluated variables. It is noteworthy that there was competition for the same resources of the medium between soybean and arrowleaf sida. Some soybean cultivars were more competitive than others, demonstrating that there is genetic variability. The NDE values ranged from 0.55 to 0.95 plants m⁻² for cultivars NS 6909 IPRO, NA 5909 RG and Brasmax Lança IPRO which

showed greater competitiveness with arrowleaf sida. The lowest NDE values were 0.26 to 0.61 plants m⁻², with the lowest competitiveness with arrowleaf sida. In experiments with the papuã competitor, the interference periods were established as, critical interference prevention period (PCPI), which comprises from 26 to 41 DAE; the period before interference (PAI) was 26 DAE, and the total period of interference prevention (PTPI) was 41 days. When soybeans are infested by arrowleaf sida and papuã there is a need to carry out the management of these species to avoid losses in grain productivity and consequently losses to the producer.

Keywords: *Glycine max* L., *Sida rhombifolia* L., *Urochloa plantaginea*.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja é uma das culturas de maior importância no Brasil, devido sua ampla utilização na indústria alimentícia, animal e energética. Em função disso, a área de cultivo cresce a cada safra agrícola. A expectativa para a safra 2020/2021 é que o Brasil produza cerca de 121 milhões de toneladas de soja, com produtividade média de 3273 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). No mundo somente os Estados Unidos pode se aproximar na projeção de produção de soja do Brasil, com aproximadamente 112 milhões de toneladas para a próxima safra (USDA, 2021).

A produtividade, o desempenho agrônômico, bem como a qualidade de grãos da soja podem ser comprometidos por diversos fatores, entre os quais destaca-se a competição com as plantas daninhas. Nos diferentes sistemas agrícolas do Brasil, a densidade de plantas daninhas pode variar em função da quantidade de sementes existentes no banco do solo, do nível tecnológico adotado pelo agricultor, principalmente quando se refere a manutenção de cobertura de solo, rotação de culturas e uso da ferramenta química para o controle.

Dentre as várias espécies de plantas daninhas que podem infestar os sistemas de cultivos destacam-se o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-colchão/milhã (*Digitaria* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), papuã (*Urochloa plantaginea*), trapoerabas (*Commelina* spp.), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), buvas (*Conyza* spp.), guanxuma (*Sida rhombifolia*), maria-pretinha (*Solanum americanum*), dentre outras que competem com as culturas pelos recursos disponíveis no ambiente (Dias et al., 2010; Agostinetto et al., 2013; Manabe et al., 2014; Forte et al., 2018). Além disso, as plantas daninhas podem liberar substâncias alelopáticas, hospedarem insetos e patógenos, conseqüentemente, ocasionando perdas na produtividade e qualidade dos grãos colhidos (Agostinetto et al., 2008; Carvalho et al., 2010; Lamego et al., 2015; Galon et al., 2015; Piccinini et al., 2016; Galon et al., 2020; Galon et al., 2021).

As plantas daninhas possuem variabilidade genética que lhes garante maior adaptabilidade, rusticidade e competitividade no ambiente quando comparadas com plantas cultivadas ou melhoradas por meio da engenharia genética (Bianchi et al., 2006). Quando não controladas, as plantas daninhas interferem com a soja e causam perdas de produtividade que podem superar 90% (Song et al., 2017). As plantas daninhas estão distribuídas em praticamente todas as lavouras do Brasil, não sendo diferente com o gênero *Sida*, o qual destaca-se pelo elevado número de espécies, conhecidas como guanxumas.

A guanxuma é uma espécie encontrada em muitos ambientes e com histórico de abrangência de Norte a Sul do Brasil. Esta espécie caracteriza-se pela incidência em solos que apresentam certo grau de compactação, demonstra sistema radicular profundo, tolera solos

ácidos e fracos, é uma espécie de difícil controle. A guanxuma apresenta metabolismo C3, desse modo em ambientes com menor intensidade luminosa e temperatura favorecem o seu desenvolvimento (Constantin et al., 2007; Cunha et al., 2012; Lorenzi, 2016). Atualmente já se tem registro de resistência nos EUA, da espécie *Sida spinosa* a herbicidas pertencentes ao mecanismo de ação da aceto lactato sintase - ALS (Heap, 2021).

Outra planta presente nos cultivos agrícolas, inclusive na cultura da soja, é o papuã/capim-marmelada, sendo uma planta cespitosa, forma dossel denso, vasto e vigoroso com alta capacidade de perfilhamento, sendo muito competitiva com a soja, em especial por luz (Agostinetto et al., 2009). O papuã apresenta metabolismo C4, que em condições de alta temperatura e luminosidade, apresenta rápido crescimento inicial podendo ocasionar o sombreamento de culturas anuais que apresentam taxa de crescimento mais lenta (Wandscheer et al., 2013). É relatada como uma planta daninha nociva, ou seja, descrever o que significa nociva, nos Estados Unidos da América, Brasil, Paraguai, Argentina e outros países (Ars, 2021). De acordo com Datta et al. (2017), a presença de plantas daninhas até o estágio crítico da soja pode causar redução de 8 a 55% na produtividade. Forte et al. (2017), relataram perdas na área foliar e massa seca da parte aérea da soja quando essa esteve infestada com leiteiro e picão-preto, devido a competição que ocorre pelos recursos luz, água e nutrientes na comunidade em que inseridas.

Devido a baixa eficiência no controle de plantas daninhas, em especial as resistentes a herbicidas, nas lavouras de soja ocorrem reduções expressivas no crescimento e no desenvolvimento da cultura. Como consequência, há perdas consideráveis na produtividade e qualidade dos grãos colhidos (Agostinetto et al., 2009; Forte et al., 2017; Santin et al., 2019).

Baldessarini et al., 2020). Para o desenvolvimento de estratégias de controle de plantas daninhas em culturas agrícolas é necessário o conhecimento prévio das suas características biológicas. Desse modo, a determinação das interações competitivas entre culturas e plantas daninhas requer estudos aprofundados para concluir qual a real perda causada pela interferência dessas espécies na cultura da soja (Bastiani et al., 2016; Forte et al., 2017; Baldessarini et al., 2020; Galon et al., 2021).

A utilização e escolha do método ideal de controle, principalmente o químico, deve ser empregado em áreas que haja o conhecimento das espécies presentes no banco de sementes do solo, da interferência da espécie na cultura e o nível de dano que ela pode causar nos próximos cultivos (Forte et al., 2017). Assim, estabelecer as interações competitivas entre culturas e plantas daninhas requer delineamentos experimentais e métodos de análise apropriados, sendo os experimentos conduzidos no modelo de série substitutiva os mais utilizados para comparar

a habilidade competitiva entre cultura *versus* plantas daninhas (Bianchi et al., 2006; Bastiani et al., 2016). Esses experimentos permitem avaliar o efeito da densidade de plantas e da proporção entre cultura e plantas daninhas quando as mesmas convivem em comunidade (Aminpanah e Javadi 2011).

Dentre os fatores que interferem na competitividade das plantas daninhas com as culturas, destaca-se a densidade de infestação, pois, quanto mais plantas em competição pelos recursos do meio, como água, luz, nutrientes e CO₂, menor a disponibilidade para as plantas cultivadas, e conseqüentemente maiores são as perdas da cultura. A densidade e a composição das espécies do banco de sementes de solo variam muito, e estão intimamente ligadas às comunidades de plantas daninhas presentes nos últimos cultivos (Wei et al., 2005; Forte et al. 2018).

Para saber a quantidade ou a densidade efetiva de plantas daninhas que justificam algum método de controle pode-se utilizar o conceito de nível de dano econômico (NDE). No cálculo do NDE comparam-se as perdas estimadas de produtividade de grãos das culturas aos custos das opções de controle disponíveis, proporcionando assim a análise do ganho obtido com o tratamento de controle usado (Bauer e Mortensen, 1992).

Segundo Weaver, (1991) adota-se usualmente equações de regressão, pois estas relacionam as perdas de produtividade das culturas com possíveis medidas da infestação das plantas daninhas na época do seu controle. Nesse cálculo várias são as variáveis envolvidas, podendo ser influenciadas por diversos fatores, como: espécie de planta daninha, cultivares, densidade e época de emergência das plantas daninhas em relação à cultura, porcentagem de perda da produtividade e potencial de produtividade da cultura na ausência de plantas daninhas, valor do produto colhido, custos de controle, eficiência do método utilizado e influência das plantas daninhas remanescentes sobre o produto (Knezevic et al., 1997; Galon et al., 2007; Galon et al., 2021).

A tomada de decisão para a adoção da melhor época para se efetuar o controle das plantas daninhas infestantes de uma cultura é uma questão crítica nos sistemas agrícolas (Owen et al., 2007), sendo que a importância aumenta quando há incremento dos casos de espécies resistentes a diversos herbicidas, como a buva, capim-amargoso, azevém, flor-roxa, picão-preto, leiteiro, dentre outras. Desse modo o uso dos períodos de interferência: período total de prevenção de interferência (PTPI), período anterior à interferência (IPA) e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) torna-se ferramenta importante para o controle de plantas daninhas no momento mais oportuno à cultura, ao produtor e mais assertivo no caso da plantas daninhas (Pitelli e Durigan, 1984).

Sabe-se que o PAI é o período em que as plantas daninhas coexistem por certo tempo, no início do ciclo da cultura, sem causar danos às espécies cultivadas. Já, o PTPI corresponde ao período em que, após a emergência, a cultura deve se desenvolver livre de plantas daninhas, para que sua produtividade não seja significativamente reduzida (Kozlowzki et al., 2002). As plantas daninhas que se instalam após o PTPI não terão mais condições significativas para interferir na produtividade da planta cultivada. Entre o PAI e o PTPI, existe um terceiro período denominado PCPI, em que a cultura deve estar livre de plantas daninhas para que as perdas não comprometam os lucros do produtor (Gazziero et al., 2001).

Estudos que estabelecem a interferência de plantas daninhas com as cultivares de soja são de grande importância, por definir características que conferem maior habilidade competitiva à cultura em detrimento das plantas infestantes, o momento ideal de controle e quando o controle é justificado, ou seja, quando o custo de controle é menor que o prejuízo causado pela planta daninha estudada.

Diante do exposto, fica evidente que os trabalhos relacionados às perdas ocasionadas pela competição das plantas daninhas na cultura da soja justificam a realização de estudos cada vez mais aprofundados. As tecnologias embarcadas nas novas cultivares favorecem o aumento da produtividade de grãos, porém, podem potencializar as perdas pela interferência das plantas daninhas.

A hipótese geral da pesquisa foi de que as perdas de produtividade de grãos da soja, por interferência de plantas daninhas, variam com a densidade das espécies, ciclo dos cultivares de soja 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 três estudos. No estudo I foi avaliada a hipótese de que há variabilidade na habilidade competitiva de cultivares de soja quando infestadas com guanxuma. No estudo II as cultivares de soja de ciclo de desenvolvimento curto ou muito curto incrementam a habilidade competitiva da cultura em relação a guanxuma. No mesmo estudo, foi avaliada a hipótese que existem variações nos NDE ocasionados pela competição exercida pela guanxuma em função da densidade de plantas do competidor e das cultivares de soja. No Estudo III foi avaliada a hipótese de que quanto mais tempo a cultivar de soja Brasmax Elite IPRO permanecer infestada pelo papuã maiores serão as perdas de produtividades de grãos da cultura.

Objetivou-se com a pesquisa avaliar a habilidade competitiva do papuã (*Urochloa plantaginea*) e da guanxuma (*Sida rhombifolia*) e as alternativas para minimizar as perdas pela interferência com estudos que calculem o nível de dano econômico (NDE) e o período de interferência (PI) dessas plantas daninhas na cultura

2 REFERÊNCIAS

- Agostinetto, D. et al. Relative competitiveness of soybean in simultaneous growth with alexandergrass (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria**, v. 10, n.3, p. 185-190, 2009.
- Agostinetto, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.
- Aminpanah, H.; Javadi, M. Competitive ability of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) in a replacement series study. **Advances in Environmental Biology**. v.5, n.9, p. 2669-2675, 2011.
- Ars - AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. Disponível em: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?401375>. Acessado em: 05/01/2021
- Baldessarini, R. et al. Morphophysiological responses of wheat cultivars in competition with diploid and tetraploid ryegrass. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.3, p.546-568, 2020.
- Bastiani, M. O., et al. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 435-445, 2016.
- Bauer, T. A.; Mortensen, D. A. A comparison of economic and economic optimum thresholds for two annual weeds in soybeans. **Weed Technology**, v. 6, n. 1, p. 228-235, 1992.
- Bianchi, M. A.; Fleck, N. G.; Lamego, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.
- Carvalho, L. B. et al. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 33-39, 2010.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 12/01/2021.
- Constantin, J. et al. Controle de diferentes espécies de guaxuma com aplicações sequenciais de flumiclorac-pentil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 475-480, 2007.
- Cunha, V.C. et al. Anatomia foliar em espécies de guaxuma. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 341-349, 2012.
- Datta, A. et al. Managing weeds using crop competition in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Crop Protection**, v.95, n.1, p.60-68, 2017.
- Dias, A. C. R. et al. Competitiveness of alexandergrass or Bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 515-522, 2010.
- Forte, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 185-193, 2017.

Forte, C. T. al. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 435-442, 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. Competitive ability of canola hybrids with weeds. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2015.

Galon, L. et al. Selectivity of saflufenacil applied alone or mixed to glyphosate in maize. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.3, p.775-787, 2020.

Galon, L. et al. Allelopathic potential of winter and summer cover crops on the germination and seedling growth of *Solanum americanum*. **International Journal of Pest Management**, v.67, n.1, p.1-9, 2021.

Gazziero, D. L. P. et al. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), v.33, 59 p., 2001.

Heap, I. International survey of herbicide-resistant weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 05/01/2021.

Kozłowski, L. A. et al. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.213-220, 2002.

Knezevic, S. Z. et al. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. **Weed Science**, v. 45, n. 4, p. 502-508, 1997.

Kuva, M. A., et al. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n.3, p. 501-511, 2007.

Lamego, F. P. et al. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

Lorenzi, H. 2017. **Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Ed. 7, Plantarum, Nova Odessa, 338p.

Manabe, P. M. S. et al. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1721-1728, 2014.

Piccinini, F. et al. Soybeans competitiveness with morning glory. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 25-33, 2016.

Pitelli, R.A.; Durigan, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, v. 15, n. 37, 1984.

Santin, C.O. et al. Association of herbicides for management of weed plants in pre-emergence of soybean culture. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n.4, p. 217-224, 2019.

Song, J. et al. The effects of single-and multiple-weed interference on soybean yield in the far-eastern region of Russia. **Weed Science**, v.65, n.3, p. 371-380, 2017.

Weaver, S. E. Size-dependent economic thresholds for three broadleaf weed species in soybeans. **Weed Technology**, v.5, n.3, p. 674-679, 1991.

Wei, S. Qiang, B. Ma, J.G. Soil weed seedbank and integrated weed management. **Journal of Crop Production**, v. 37, n. 2, p. 121-128, 2005.

USDA. Foreign Agricultural Service: World Soybean Production, Consumption, and Stocks. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/>. Acessado em 03 de janeiro de 2021.

Wandscheer, A.C.D. et al. Competitividade de capim-pé-de-galinha com soja. **Ciência Rural**. v.43, n.12, p.2125-2131, 2013

3 ARTIGO I - INTERAÇÃO COMPETITIVA DE CULTIVARES DE SOJA COM GUANXUMA

Resumo – A guanxuma (*Sida rhombifolia*), além de competir com a soja pelos recursos do meio como água, luz e nutrientes gerando redução da produtividade, é hospedeira da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), que transmite viroses em diversas culturas. Objetivou-se com o trabalho, avaliar a habilidade competitiva de cultivares de soja na presença de um biótipo de guanxuma, em diferentes proporções de plantas na associação. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. Os competidores estudados incluíram a guanxuma com as cultivares de soja Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO nas proporções de 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100, o que corresponde a 20:0; 15:5; 10:10; 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹ cultura *versus* planta daninha. A análise da competitividade foi efetuada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos, mais os índices de competitividade relativas. Aos 50 dias após a emergência da cultura e/ou da guanxuma foram avaliadas as variáveis; altura, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea das plantas. Ocorreu competição entre as cultivares de soja na presença de guanxuma, independentemente da proporção de plantas, provocando reduções em todas as variáveis avaliadas. A competição interespecífica causa maiores prejuízos a altura, diâmetro, área foliar e a massa seca das espécies do que a intraespecífica. Houve competição pelos mesmos recursos do meio entre a cultura da soja e a guanxuma.

Palavras chave: *Glycine max* L., *Sida rhombifolia* L., Habilidade competitiva.

COMPETITIVE INTERACTION BETWEEN SOYBEAN CULTIVARS AND ARROWLEAF SIDA

Abstract – The arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*), in addition to competing with soybeans for the resources of the environment such as water, light and nutrients, reducing productivity, is also host to the whitefly (*Bemisia tabaci*), which transmits viruses in several cultures. The objective of this work was to evaluate the competitive ability of soybean cultivars in the presence of a arrowleaf sida biotype, in different proportions of plants in the association. The experiments were conducted in a completely randomized design with four replications. The competitors studied included arrowleaf sida with the soybean cultivars Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite and Nidera 5445 IPRO in the proportions of 100: 0; 75:25;

50:50; 25:75 and 0: 100, which corresponds to 20: 0; 15: 5; 10:10; 5:15 and 0:20 potted plants-1 crop versus weed. The competitiveness analysis was carried out by means of diagrams applied to substitute experiments, plus the relative competitiveness indexes. At 50 days after the emergence of the crop and / or arrowleaf sida, the variables were evaluated; height, stem diameter, leaf area and dry mass of the aerial part of the plants. There was competition between soybean cultivars in the presence of arrowleaf sida, regardless of the proportion of plants, causing reductions in all evaluated variables. Interspecific competition causes greater damage to height, diameter, leaf area and dry mass of species than intraspecific competition. There was competition for the same resources in the medium between soybean and arrowleaf sida.

Keywords: *Glycine max* L., *Sida rhombifolia* L., Competitive ability.

Introdução

A soja é uma oleaginosa com grande importância econômica, sendo usada para alimentação animal, humana e para fabricação de biodiesel. Tornou-se uma das culturas mais expressivas no Brasil, este é responsável por 123 milhões de toneladas produzidos em 36,9 milhões de hectares se tornando o maior produtor de soja do mundo, seguido pelos Estados Unidos e Argentina (USDA, 2021).

O desempenho agrônômico da soja, bem como a produtividade e a qualidade dos grãos podem ser comprometidos por diversos fatores, dentre eles destaca-se a competição com as plantas daninhas. Muitas espécies de plantas daninhas, como o leiteiro, picão-preto, milhã, papuã, trapoeraba, corda-de-viola e buva, dentre outras, competem com as culturas por água, luz e nutrientes, além de liberarem substâncias alelopáticas, bem como hospedar insetos e doenças, o que conseqüentemente vem a ocasionar prejuízos elevados aos produtores (Carvalho et al., 2010; Dias et al., 2010; Agostinetto et al., 2013; Galon et al., 2015a; Piccinini et al., 2016; Forte et al., 2017; Galon et al., 2019; Galon et al., 2021).

As plantas do gênero *Sida* apresentam mais de 170 espécies, sendo conhecidas pelos agricultores brasileiros como guanxumas. Estas plantas podem ocorrer em áreas de pastagens, beiras de estradas, hortas, próximas a currais e atualmente encontram-se distribuída na maioria das áreas agricultáveis brasileiras, principalmente em áreas de plantio direto onde não há revolvimento do solo. A guanxuma (*Sida rhombifolia*) apresenta alta capacidade de rebrote quando se efetua o controle mecânico e ao se aplicar herbicidas necessita de ter bom índice de área foliar para que se tenha efeito positivo do controle químico. Essa espécie apresenta metabolismo C3, tolera solos ácidos e com baixa fertilidade, caracterizada pela incidência em solos que apresentam certo grau de compactação, ambientes com menor intensidade luminosa

e temperatura levando-se assim a ser comparada a uma planta C4 (Constantin et al., 2007). A guaxuma é uma espécie de difícil controle, caracterizada por um sistema radicular profundo, muito competitiva com a soja, especialmente pelas características de adaptabilidade a solos pouco férteis e ácidos (Cunha et al., 2012; Heap, 2014).

O manejo correto da guaxuma torna-se fundamental nas lavouras de soja, pois a ocorrência ocasiona perdas diretas, como redução de produtividade de grãos e indiretas, como planta hospedeira da mosca branca que transmite virose às várias culturas (Rizzardi et al., 2003). Para o desenvolvimento de estratégias de controle de plantas daninhas em culturas agrícolas é necessário o conhecimento prévio das suas características competitivas.

A determinação das interações competitivas entre culturas e plantas daninhas requer análise apropriadas, sendo que um dos métodos mais utilizados é o convencional em série de substituição varindo-se densidade de plantas e tempo de convivência (Agostinetto et al., 2013; Galon et al., 2015a; Bastiani et al., 2016; Baldessarini et al., 2020).

Nos experimentos em série substitutiva a resposta é dada pela variação da proporção de plantas associadas na comunidade vegetal (Bianchi et al., 2006; Agostinetto et al., 2013).

No âmbito de lavoura, a densidade das plantas cultivadas é geralmente constante. Por outro lado, a densidade das plantas daninhas varia de acordo com as condições ambientais e com o banco de sementes do solo, o que altera o grau de interferência (Bianchi et al., 2006; Agostinetto et al., 2013; Bastiani et al., 2016). Assim, em estudos de competição, é importante analisar a influência da variação na proporção de plantas entre as espécies e também a densidade que essas ocorrem (Bianchi et al., 2006; Agostinetto et al., 2013; Galon et al., 2015a; Forte et al., 2017).

A competitividade superior de uma espécie em relação a outra é dada pela maior capacidade que essa apresenta de crescer e se desenvolver, velocidade de crescimento inicial, maior índice de área foliar, produzir muitos perfilhos ou ramificar, ter maior estatura, volume radicular, dentre outros (Agostinetto et al., 2013). A guaxuma apresenta elevada habilidade competitiva ao infestar as culturas agrícolas por possuir sistema radicular muito profundo, sobreviver em ambiente inóspito (Constantin et al., 2007).

Devido ao prejuízo que a guaxuma causa à soja, práticas de manejo são necessárias combinando-se ações de controle, além de identificar cultivares que apresentem maior habilidade competitiva na presença de plantas daninhas (Rizzardi e Silva, 2014). Desse modo, é importante estudos que evidenciem a variação na proporção entre cultivares de soja e plantas daninhas para que se desenvolva estratégias de manejo, a fim de definir as características que

confirmam maior habilidade competitiva às culturas (Fleck et al., 2008; Agostinetto et al., 2013; Forte et al., 2017; Baldessarini et al., 2020).

A hipótese dessa pesquisa é que existem diferenças na habilidade competitiva entre cultivares de soja ao competirem com a guaxuma. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a habilidade competitiva de cultivares de soja na presença de um biótipo de guaxuma.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus Erechim* (RS). As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (EMBRAPA, 2013) previamente corrigido e adubado de acordo com a recomendação técnica para a cultura da soja (ROLAS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 4,8; MO = 35 g dm⁻³; P = 4,0 mg dm⁻³; K = 117,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,6 cmol c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,7 cmol c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,8 cmol c dm⁻³; CTC(t) = 7,4 cmol c dm⁻³; CTC(T) = 16,5 cmol c dm⁻³; H+Al = 9,7 cmol c dm⁻³; SB = 6,8 cmol c dm⁻³; V = 41%; e Argila = 600 g dm⁻³.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram as cultivares de soja, Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO as quais competiram com a guaxuma. As cultivares de soja foram selecionadas pela diferença de grupos de maturação que apresentam e também por serem as mais cultivadas pelos produtores do Rio Grande do Sul, com as seguintes características: a) Brasmax Ativa: porte baixo, hábito de crescimento determinado, ciclo médio, grupo de maturação 5.6, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; b) DM 5958 RSF IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 5.8, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; c) Brasmax Elite IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, grupo de maturação 5.5, resistente a insetos e tolerante a herbicidas e d) Nidera 5445 IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, grupo de maturação 5.4, resistente a insetos e tolerante a herbicidas.

Foram realizados experimentos preliminares, tanto para as cultivares de soja quanto para a planta daninha guaxuma, em sistema de monocultivo, com o objetivo de determinar a densidade de plantas em que a produção final torna-se constante. Para isso utilizou-se as densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 e 64 plantas vaso⁻¹ (equivalentes a 24, 48, 96, 192, 384, 576, 768, 960, 1.152, 1.344 e 1.536 plantas m⁻²). A produção final constante foi obtida com a densidade de 20 plantas vaso⁻¹, para todas as cultivares avaliadas e também para o

competidor, o que equivaleu a 481 plantas m⁻².

Na segunda etapa foram instalados quatro experimentos em série substitutiva para avaliar a competitividade das cultivares de soja com a guanxuma, nas diferentes combinações da cultura e da planta daninha, variando-se as proporções relativas de plantas vaso⁻¹ (20:0; 15:5; 10:10; 5:15 e 0:20 ou 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100%), mantendo-se constante a densidade total de plantas (20 plantas vaso⁻¹).

Aos 50 dias após a emergência das espécies, por ocasião do início do florescimento, foram determinadas as variáveis. Essa época foi escolhida pelo fato das espécies estarem iniciando o processo reprodutivo, ou seja, início do florescimento. As variáveis avaliadas foram altura das plantas (cm) (utilizando-se régua graduada e medindo a base da planta até o meristema de crescimento), diâmetro de caule (mm) tanto da cultura como da planta daninha (aferido com paquímetro digital a 1 cm do solo). Determinou-se ainda, a área foliar (cm² vaso⁻¹) e a massa seca da parte aérea (g vaso⁻¹) das plantas. Para a determinação da área foliar utilizou-se um medidor portátil de área foliar modelo CI-203 BioScience, quantificando a AF em todas as plantas em cada tratamento. Para a aferição da massa seca as plantas foram seccionadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de papel e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 60±5°C, até o material atingir massa constante.

Os dados foram analisados por gráfico da variação ou produtividade relativas (Cousens, 1991; Bianchi et al., 2006). O referido procedimento consiste na construção de um diagrama tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e total (PRT). Quando o resultado da PR for uma linha reta, significa que a habilidade das espécies são equivalentes. Caso a PR resultar em linha côncava, indica que existe prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Ao contrário, se a PR mostrar linha convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade um (linha reta), ocorre competição pelos mesmos recursos; se ela for superior a 1 (linha convexa), a competição é evitada. Caso a PRT for menor que 1 (linha côncava), ocorre prejuízo mútuo ao crescimento (Cousens, 1991).

Foram calculados os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e agressividade (A), para a proporção de plantas 50:50 das espécies envolvidas no experimento (soja *versus* guanxuma) ou as densidades de 10:10 plantas vaso⁻¹, de acordo com as equações descritas por COUSENS e O'NEILL (1993). A CR representa o crescimento comparativo das cultivares de soja (X) em relação ao competidor guanxuma (Y); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra, e A aponta qual das espécies é mais competitiva. As cultivares de soja X são mais competitivas que a guanxuma Y quando CR > 1, K_X > K_Y e A > 0; por outro lado, a guanxuma Y é mais competitiva que as cultivares de

soja X quando $CR < 1$, $K_x < K_y$ e $A < 0$ (Hoffman e Buhler, 2002). A análise conjunta desses valores indica com maior precisão a competitividade das espécies envolvidas na comunidade.

O procedimento de análise estatística da produtividade ou variação relativa incluiu o cálculo das diferenças para os valores de PR (DPR), obtidos nas proporções 25, 50 e 75%, em relação aos valores pertencentes à reta hipotética nas respectivas proporções, quais sejam, 0,25; 0,50 e 0,75 para PR (Bianchi et al., 2006). Utilizou-se o teste “t”, para se determinar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e A (Hoffman e Buhler, 2002). Considerou-se como hipótese nula, para testar as diferenças de DPR e A, que as médias fossem iguais a zero ($H_0 = 0$); para PRT e CR, que as médias fossem iguais a um ($H_0 = 1$); e, para K, que as médias das diferenças entre K_x e K_y fossem iguais a zero [$H_0 = (K_x - K_y) = 0$]. O critério para considerar as curvas PRT e PR observadas como diferentes das esperadas foi quando os valores esperados (representados por linhas pontilhadas) estavam fora do intervalo de confiança de 95% das curvas observadas - linhas sólidas e coloridas com intervalos de confiança da mesma cor (Galon et al., 2015a; Concenço et al., 2018). O critério para se considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções das densidades testadas das espécies competidoras não tocassem as linhas coloridas, adaptado de Bianchi et al., (2006).

Os resultados obtidos para altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar e massa seca, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando esses foram significativos comparou-se as médias dos tratamentos pelo teste de Dunnett, considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações. Em todas as análises estatísticas efetuadas adotou-se $p \leq 0,05$.

Resultados e Discussão

Os resultados gráficos demonstram, para as combinações de plantas das cultivares de soja; Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO com guaxuma (competidora), que as quatro cultivares apresentaram semelhanças quanto à competição com a espécie daninha, ocorrendo diferenças significativas para as variáveis altura de planta, diâmetro de caule, área foliar e massa seca da parte aérea nas proporções de plantas avaliadas, já que as linhas coloridas em pelo menos duas proporções foram diferentes das linhas esperadas ou pontilhadas (Figuras 1, 2, 3 e 4).

Para à PRT, houve diferenças significativas entre os valores esperados e estimados em pelo menos duas proporções em relação altura de planta, área foliar e massa seca das cultivares Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO ao competirem com

guanxuma com linhas côncavas e valores médios inferiores a 1 (Figuras 1, 3 e 4). Esses resultados da PRT de linhas côncavas e valores inferiores a 1 permitem inferir que ocorreu competição entre a soja e a guanxuma pelos mesmos recursos do meio. Conforme relatam Rubin et al. (2014), quando a PRT for menor que 1 há antagonismo mútuo entre as espécies que estão em competição.

A PRT não mostrou diferença à variável diâmetro de caule nas proporções estudadas (Figura 2), apresentando valor próximo a 1, demonstrando que as cultivares de soja e a guanxuma competem pelos mesmos recursos do ambiente, os quais se encontram em quantidades limitadas para o crescimento e desenvolvimento de ambas as espécies. Fleck et al. (2008) também não encontraram diferenças para a PRT quando o arroz irrigado competiu com arroz-vermelho, com valores que se aproximaram de 1 .

Silva et al. (2014) ao avaliarem a cultura da soja competindo com biótipos suscetíveis e resistentes de *Conyza bonariensis*, observaram que o PRT apresentou linha côncava para a estatura das plantas, indicando que ocorreu prejuízo mútuo ao crescimento de ambas as plantas. Por outro lado, a variável área foliar não apresentou diferença para a PRT, e para a massa seca somente houve diferença no biótipo suscetível, resultados estes que corroboram em partes com os encontrados nesse estudo.

A altura de plantas das cultivares Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO e Nidera 5445 IPRO apresentaram desvios das retas da PR muito próximos das retas esperadas. Esse resultado indica que a cultura demonstra menor prejuízo que a guanxuma, visto que a planta daninha apresentou valores muito distantes do esperado, ou seja, o competidor apresentou linha côncava com prejuízo ao crescimento em estatura (Figura 1). Fleck et al. (2008) ao estudarem a habilidade competitiva de cultivares de arroz irrigado na presença de arroz-vermelho também observaram resultados muito semelhantes a estes para a variável estatura de plantas. Franco et al. (2017) ao avaliarem a competitividade relativa de biótipos de capim-pé-de-galinha infestando a soja, observaram que a altura de plantas apresentou valores semelhantes ou abaixo da linha hipotética, indicando que a competição não causou danos a cultura.

Quanto ao diâmetro de caule (Figura 2) os resultados demonstram que a cultura apresentou resultados próximos ao esperado para a PR e a PRT. Ao se avaliar a competição da cultura com a guanxuma na proporção de 50:50 ou 10 plantas de soja competindo com 10 plantas de guanxuma, as cultivares Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5454 IPRO apresentaram incremento de caule de 20,56, 6,43, 14,71 e 9,00%, e a guanxuma um decréscimo de 33,12, 20,00, 14,37 e 27,50% quando competiram entre si respectivamente, ou seja, as proporções de plantas de cada cultivar competindo com a mesma

proporção de plantas daninhas. Esses resultados demonstram que as espécies competem entre si pelos mesmos recursos do meio, porém, com habilidade competitivas diferenciadas. Nesse caso, a cultura foi mais competitiva em relação a guanxuma. Fleck et al., (2008) ao estudarem a habilidade competitiva de genótipos de arroz irrigado com arroz-vermelho, observaram resultados similares ao do presente trabalho.

Para as variáveis, área foliar e massa seca da parte aérea em todas as combinações de plantas envolvendo as cultivares BMX Ativa, Don Mario, BMX Elite e Nidera 5445 com a guanxuma que os desvios das retas da PR em relação às retas esperadas, são linhas côncavas em todas as simulações, e que em pelo menos duas proporções de plantas (Figuras 3 e 4), tanto para a cultura quanto para a planta daninha houve significância. Esse fato demonstra que a cultura e a guanxuma competem pelos mesmos recursos do ambiente onde estão inseridas, causando prejuízos para o crescimento da soja ou da guanxuma envolvidas na associação de plantas. Forte et al. (2017) ao avaliarem a competição das cultivares de soja Brasmax alvo RR e Fundacep 55RR com picão-preto e leiteiro também encontraram linhas côncavas para a cultura e plantas daninhas, o que corrobora com os resultados do presente estudo.

O fato de as cultivares de soja, em geral, apresentarem altura de plantas e diâmetro de caules maiores que a guanxuma, ou seja, que os resultados observados foram próximos das linhas dos resultados esperados, indica haver competição entre as espécies pelos recursos do meio (como estiolamento na busca de luz.) Isso comprova-se pelo fato de que para as variáveis área foliar e massa seca da parte aérea não se observou a mesma tendência da cultura em apresentar valores próximos ao esperado, pelo contrário, tanto a cultura quanto a planta daninha apresentaram linhas côncavas, o que remete a se ter prejuízo para ambas as espécies envolvidas na competição.

Em geral as cultivares de soja, apresentaram maior crescimento relativo do que a guanxuma em todas as proporções de plantas avaliadas para as variáveis altura, diâmetro, área foliar e massa seca da parte aérea. Isso demonstra que a cultura demonstra maior PR e menor a planta daninha, no entanto apresentaram pouca contribuição para a PRT (Figuras 1, 2, 3 e 4). Uma explicação da soja ter apresentado maior crescimento relativo que a guanxuma e demonstrado maior competitividade pode estar relacionado com a densidade de plantas que competiram com a cultura, uma vez que as plantas daninhas apresentam maior habilidade competitiva quando em densidades populacionais são elevadas e não individualmente (Agostinetto et al., 2013; Forte et al., 2017). Deve-se ressaltar que, em experimentos substitutivos, existe pouca evidência de haver mudanças qualitativas devido ao aumento da

densidade, ou seja, a dominância de uma espécie sobre a outra raramente muda com a alteração da densidade (Cousens e O'Neill, 1993).

Os resultados demonstram aumentos na PRT das combinações quanto maiores foram as proporções de plantas competindo entre si, situação significativa para todas as variáveis estudadas (Figuras 1, 2, 3 e 4). Esse comportamento mostra que as espécies são competitivas e que uma não contribui mais que o esperado para a produtividade total da outra. Por pertencerem a famílias botânicas distintas, esperava-se que as cultivares de soja e a guanxuma explorassem diferentes nichos ecológicos e não competissem pelos mesmos recursos do meio. Desse modo não apresentariam distinção em termos de competitividade, pois tais diferenças foram verificadas em muitos estudos que usaram espécies aparentadas, como, por exemplo, arroz x arroz-vermelho (Fleck et al., 2008), canola x nabo (Galon et al., 2015b) e sorgo cultivado x *Sorghum halepense* (Hoffman e Buhler, 2002). No entanto, alguns trabalhos relatam a ocorrência de diferenciação na competição de plantas, mesmo entre famílias distintas, como milho x soja (Agostinetto et al., 2013) e soja x picão-preto e leiteiro (Forte et al., 2017). Forte et al., (2017) ao trabalharem com soja em competição com picão-preto e leiteiro, observaram que a PRT da comunidade também foi prejudicada, demonstrando que tanto as plantas daninhas como a soja apresentam prejuízos quando em competição.

O crescimento relativo das cultivares de soja Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO apresentou, em geral, valores semelhantes na mesma proporção de plantas em competição, para todas as variáveis (Figuras 1, 2, 3 e 4). Sendo assim, apesar das cultivares apresentarem características distintas quanto à estatura e ciclo de desenvolvimento, não se observou diferenciação na competição destas com a guanxuma, ou seja, apresentaram comportamento similar na presença da planta daninha. Estes resultados permitem inferir que não há efeito acentuado de características genéticas de cultivar sobre a guanxuma e que a habilidade das cultivares de soja em interferir sobre a planta daninha foi equivalente.

Em relação as variáveis morfológicas estatura, diâmetro, área foliar e massa seca da parte aérea das cultivares de soja, Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO, em geral, foram reduzidas quando competiram com a guanxuma em todas as associações analisadas, independentemente da proporção de plantas na associação (Tabela 1). Observou-se que quanto mais elevada a proporção do competidor na associação com as cultivares, maiores foram os danos às variáveis da cultura da soja. Em relação a guanxuma verificou-se redução nas variáveis, quando em igual ou menor proporção de plantas,

comparativamente as cultivares de soja Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO.

Estudos demonstram que pode ocorrer prejuízo ao crescimento das culturas e das plantas daninhas quando essas estiverem em competição numa determinada comunidade (Fleck et al., 2008; Forte et al., 2017; Baldessarini et al., 2020). Os menores valores de acúmulo de área foliar e massa seca demonstram a elevada competição interespecífica, em que as espécies disputam os mesmos recursos do meio, conforme estudos que avaliaram a interferência de nabo (Bianchi et al., 2006) e de picão-preto ou leiteiro (Forte et al., 2017) em cultivares de soja. No presente trabalho a cultura encontrava-se bem distribuída, o que eleva a habilidade competitiva da mesma, enquanto a distribuição em linhas, geralmente utilizada a campo, incrementa os danos causados pela comunidade infestante (Dusabumuremyi et al., 2014).

Os resultados demonstram, de modo geral, que as variáveis altura, diâmetro, área foliar e massa seca da parte área das plantas, que as maiores médias por planta da cultura ou mesmo da guanxuma foram obtidas quando estas se apresentavam em densidades menores nas associações em todas as combinações (Tabela 1). Forte et al. (2017), também verificaram haver diferenciação no efeito competitivo de espécies pertencentes a diferentes famílias botânicas (picão-preto – Asteracea e leiteiro – Euphorbiaceae) ao infestarem a cultura da soja (Fabaceae).

Observou-se que os valores de altura, diâmetro, área foliar e massa seca da parte área das cultivares de soja nas proporções de cada mistura (25, 50 e 75%) com os obtidos em monocultura (100%), que a competição interespecífica envolvendo as espécies na associação (soja x guanxuma) foram mais expressivas com as maiores médias por plantas da cultura e da planta daninha quando essas se apresentavam em densidades maiores (Tabela 1). Corroboram com os resultados do presente trabalho os encontrados por Bianchi et al. (2006) ao avaliarem soja x nabo e Forte et al., (2017) ao pesquisarem soja x picão-preto e leiteiro. A competição afeta quantitativa e qualitativamente a produção, pois modifica a eficiência de aproveitamento dos recursos do ambiente, como água, luz, CO₂ e nutrientes (Bianchi et al., 2006), estabelecendo-se entre a cultura e as plantas de outras espécies existentes no local. As plantas que se estabelecem primeiro em uma determinada comunidade são beneficiadas no processo de competição, ou mesmo em função de características diferenciadas como maior; estatura, índice de área foliar, produção de massa verde ou seca, sistema radicular, dentre outras, que determinada qual cultivar demonstra maior habilidade competitiva (Galon et al., 2015a).

Ao semear as culturas em associação com plantas daninhas, com variação na proporção de plantas, normalmente as culturas apresentam vantagem quanto a produtividade relativa, demonstrando assim que a competição intraespecífica excede a interespecífica (Vilá et al.,

2004). Resultados similares ocorreram quando a soja conviveu com a milhã (Agostinetto et al., 2013) ou picão-preto e leiteiro (Forte et al., 2017).

O crescimento das cultivares de soja Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO superou o da guanxuma, de acordo com o indicado pelo índice CR (maior que 1) para as todas as variáveis estudadas (Tabela 2). Observou-se ainda dominância relativa da soja sobre a planta daninha expressos pelos índices K ($K_{soja} > K_{guanxuma}$) e que a cultura é mais competitiva do que a planta daninha segundo o índice de agressividade (positivo A). Em todas as comparações verificou-se diferenças significativas, exceto para a altura e diâmetro de plantas da cultivar DM 5958 RSF IPRO que não ocorreu diferença estatística em pelo menos duas proporções testadas. Isso demonstra que ambas as espécies não se equivalem em termos de competição pelos recursos do ambiente, destacando-se a soja como mais competitiva do que a guanxuma. Quando a soja competiu com diferentes espécies de *Ipomoea* spp. foi observado que a cultura se sobressaiu em relação a planta daninha, apresentando maior eficiência na captura dos recursos ambientais (Piccinini et al., 2016).

Utilizando os três índices para definir competitividade foi verificado que a soja, foi mais competitiva que o arroz-vermelho (Moraes et al., 2009), picão-preto ou leiteiro (Forte et al., 2017), nabo forrageiro (Bianchi et al. 2006), e milhã Agostinetto et al., (2013). Desse modo constatou-se que há diferenciação, em relação aos três índices avaliados (CR, K e A) quando a soja conviveu com a guanxuma, sendo que somente em duas situações não ocorreu diferença significativa, para a cultivar DM 5958 RSF IPRO em competição com a guanxuma para a altura e diâmetro de caule para os índices CR, K e A (Tabela 2). A provável causa dessa situação está nas características da cultivar, como, hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, plantas de porte médio, menor índice de área foliar, exige solos de fertilidade média, entre outros aspectos. Em relação aos três índices avaliados para definir competitividade, foi verificado que a soja foi mais competitiva que o nabo (Bianchi et al., 2006), que a milhã (Agostinetto et al., 2013) ou com o picão-preto e o leiteiro (Forte et al., 2017) corroborando assim com os dados do presente estudo.

Na maioria das situações a cultura apresentou maior habilidade competitiva do que a planta daninha de modo isolado em função de que o efeito das espécies daninhas não se deve à sua maior competição individual, mas, principalmente, pelo efeito combinado de sua densidade total de plantas (Vilá et al., 2004). Porém em alguns trabalhos as plantas daninhas apresentaram maior habilidade competitiva, como o nabo ao infestar a soja (Bianchi et al., 2006) ou papuã e trapoeraba x soja (Dias et al., 2010). Cabe destacar ainda que em uma comunidade de plantas há benefício na competição pelos recursos para aquelas que se estabelecem primeiro, ou por

características intrínsecas de cada cultivar quanto à habilidade competitiva (estatura, velocidade de crescimento, número de ramificações, área foliar, massa seca, dentre outras) e desse modo menores quantidades de recursos ficarão disponíveis no meio, o que acarreta aumento de dano ao competidor ou a cultura (Agostinetto et al., 2013).

Interpretando-se conjuntamente as análises gráficas de variáveis relativas e suas significâncias em relação aos valores equivalentes (Figuras 1, 2, 3 e 4), as variáveis morfológicas (Tabela 1) e os índices de competitividade (Tabela 2), em geral, constatou-se que há efeito de interação negativa entre as espécies, sendo as cultivares de soja Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO, bem como a guanxuma afetados negativamente. As cultivares de soja demonstram maior habilidade competitiva que a guanxuma em todas as proporções de plantas associadas. Desse modo, as diferenças em termos de competitividade das espécies avaliadas podem ser devido ao fato destas explorarem os mesmos recursos, água, luz e nutrientes do meio.

Conclusões

Ocorre competição entre as cultivares de soja (Brasmax Ativa, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite e Nidera 5445 IPRO) na presença da guanxuma, sendo afetados negativamente, independentemente da proporção de plantas, provocando reduções na altura, diâmetro de caule, área foliar e massa seca da parte aérea.

A competição interespecífica causa maiores prejuízos as variáveis altura, diâmetro, área foliar e massa seca da parte aérea das espécies do que a competição intraespecífica.

A soja e a guanxuma competem pelos mesmos recursos do meio.

Agradecimentos

Ao CNPq, à FAPERGS e a UFFS pelo auxílio financeiro à pesquisa e pelas concessões de bolsas.

Referências

- Agostinetto D, Fontana LC, Vargas L, Markus C, Oliveira E. Habilidade competitiva relativa de milho em convivência com arroz irrigado e soja. *Pesq. agropec. bras*, 2013; 48 (10): 1315-1322.
- Baldessarini R, Galon L, Vargas L, Müller C, Brandler D, Silva JDG, et al. Morphophysiological responses of wheat cultivars in competition with diploid and tetraploid ryegrass. *Journal of Agricultural Studies*, 2020; 8 (3): 546-568.

Bastiani MO, Lamego FP, Agostinetto D, Langaro AC, Silva DC. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. *Bragantia*, 2016; 75 (4): 435-445.

Bianchi MA, Fleck NG, Lamego FP. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. *Cienc. Rural*, 2006; 36 (5): 1380-1387.

Carvalho LB, Bianco S, Guzzo CD. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. *Planta Daninha*, 2010; 28 (1): 33-39.

Constantin J, Oliveira Jr. RS, Kajihara LH, Arantes JGZ, Cavalieri SD, Alonso DG. Controle de diferentes espécies de guaxuma com aplicações seqüenciais de flumiclorac-pentil. *Acta Sci. Agron.*, 2007; 29 (4): 475-480.

Cousens R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. *Weed Technol.*, 1991; 5 (3): 664-673.

Cousens R, O'Neill M. Density dependence of replacement series experiments. *Oikos*, 1993; 66 (2): 347-352.

Cunha VC, Santos JB, Ferreira EA, Cabral CM, Silva DV, Gandini EM. Anatomia foliar em espécies de guaxuma. *Planta Daninha*, 2012; 30 (2): 341-349.

Dias ACR, Carvalho SJP, Marcolini LW, Melo MSC, Christoffoleti PJ. Competitiveness of alexandergrass or bengal dayflower with soybean. *Planta Daninha*, 2010; 28 (3): 515-522.

Dusabumuremyi P, Niyibigira C, Mashingaidze AB. Narrow row planting increases yield and suppresses weeds in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a semi-arid agro-ecology of Nyagatare, Rwanda. *Crop Prot.*, 2014; 64 (1): 13-18.

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos. 2013; 154 p.

Fleck NG, Agostinetto D, Galon L, Schaedler CE. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. *Planta Daninha*, 2008; 26 (1): 101-111.

Forte CT, Basso FJM, Galon L, Agazzi LR, Nonemacher F, Concenco G. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. *Agrária*, 2017; 12 (2): 185-193.

Franco JJ, Agostinetto D, Langaro AC, Perboni LT, Vargas L. Relative competitiveness of goosegrass biotypes and soybean crops. *Rev. Caatinga*, 2017; 30 (2): 271-277.

Galon L, Concenco G, Perin GF, Silva AF, Forte CT, David FA, et al. Comparison of experimental methods to assess the competitive ability of weed species. *American Journal of Plant Sciences*, 2015a; 6 (13) 2185-2196.

Galon L, Agazzi LR, Vargas L, Nonemacher F, Basso FJM, Perin GF, et al. Competitive ability of canola hybrids with weeds. *Planta Daninha*, 2015b; 33 (3): 413-423.

Galon L, Rossetto ERO, Fransceschetti MB, Bagnara AM, Bianchessi F, Menegat AD, et al. Interference and economic threshold level of Alexander grass in soybean as a function of cultivars and weed populations. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 2019; 6 (7): 74-81.

Galon, L. et al. Allelopathic potential of winter and summer cover crops on the germination and seedling growth of *Solanum americanum*. *International Journal of Pest Management*, v.67, n.1, p.1-9, 2021.

Heap I. Global perspective of herbicide resistant weeds. *Pest Manag. Sci.*, 2014; 70 (9): 1306-1315.

Hoffman ML, Buhler DD. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. *Weed Sci.*, 2002; 50 (4): 466-472.

Moraes PVD, Agostinetto D, Galon L, Rigoli RP. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. *Planta Daninha*, 2009; 27 (1): 35-40.

Piccinini F, Martin TN, Machado SLO, Kruse ND, Schmatz R. Soybeans Competitiveness with morning glory. *Planta Daninha*, 2016; 34 (1): 25-33.

Rizzardi MA, Fleck NG, Mundstock CM, Bianchi MA. Soybean grain yield losses due to interference by beggarticks and arrowleaf sida. *Ciênc. Rural*, 2003; 33 (4): 621-627.

Rizzardi MA, Silva L. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na cultura da soja Roundup Ready. *Planta Daninha*, 2014; 32 (4): 683-697.

ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376p.

Rubin RS, Langaro AC, Mariani F, Agostinetto D, Berto RM. Habilidade competitiva relativa de arroz irrigado com arroz-vermelho suscetível ou resistente ao herbicida imazapyr+ imazapic. *Arq. Inst. Biol.*, 2014; 81 (2): 173-179.

Silva DRO, Agostinetto D, Vargas L, Langaro AC, Duarte TV. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a glyphosate. *Planta Daninha*, 2014; 32 (3): 579-589.

USDA. Foreign Agricultural Service: World Soybean Production, Consumption, and Stocks. May of 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/>. Acesso em: 03/01/2021.

Vilá M, Williamson M, Lonsdale M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact. *Biological Invasions*, 2004; 6 (1): 59-69.

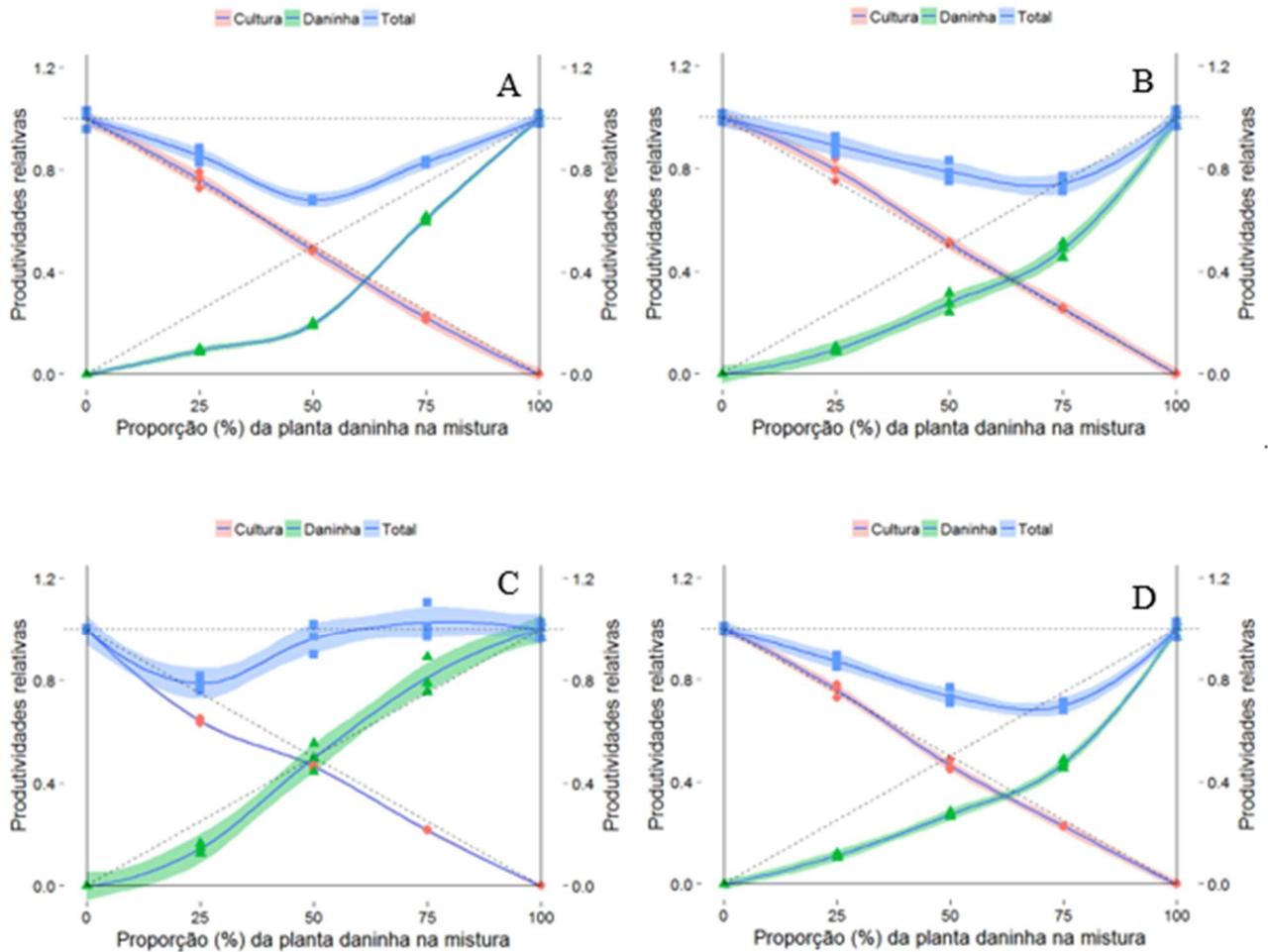


Figura 1. Produtividade relativa (PR) para altura de plantas (cm) das cultivares de soja (●) e para as plantas de guanxuma (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja: guanxuma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

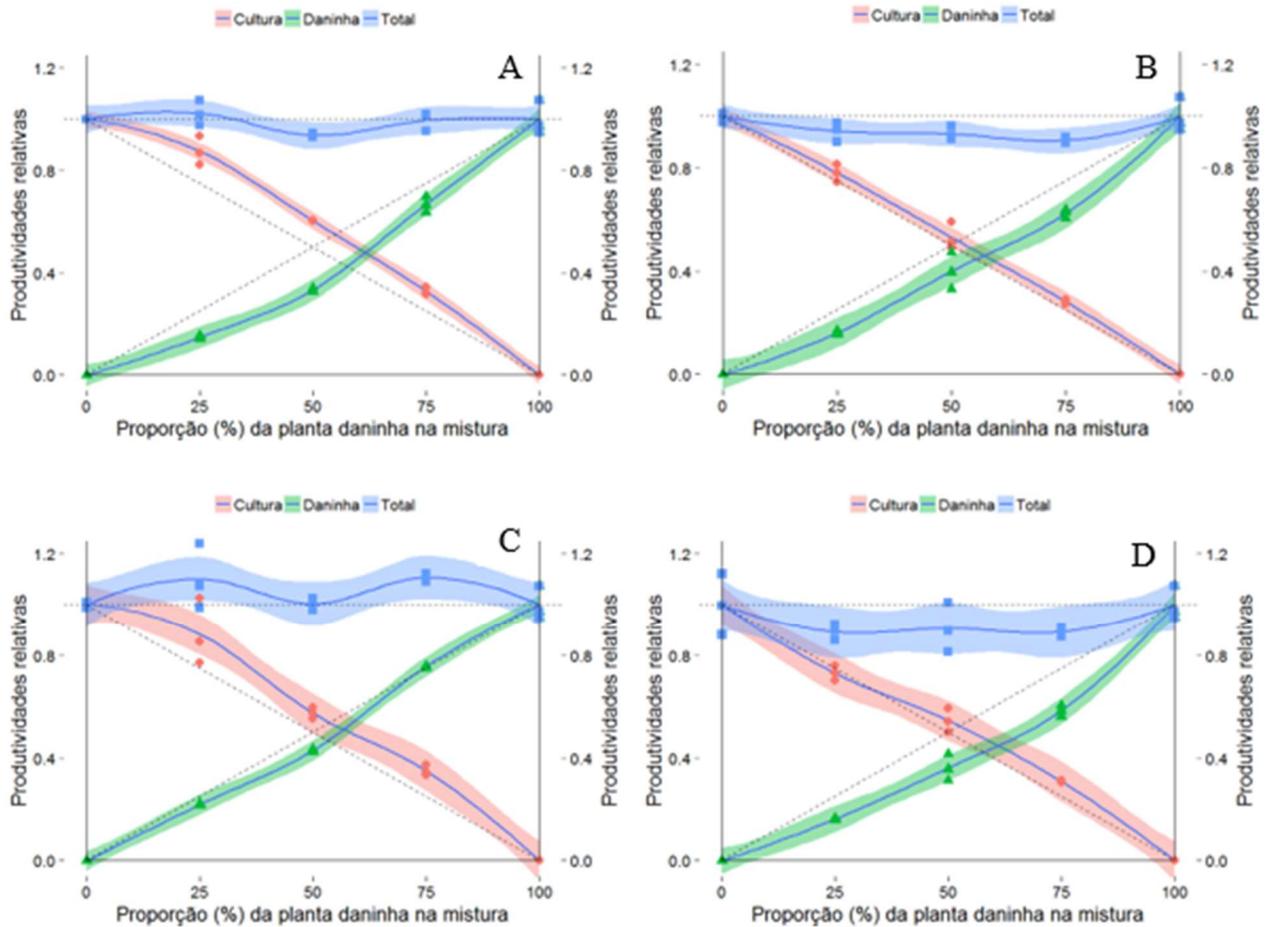


Figura 2. Produtividade relativa (PR) para diâmetro de caule (mm) das plantas das cultivares de soja (●) e para as plantas de guandú (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja : guandú). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

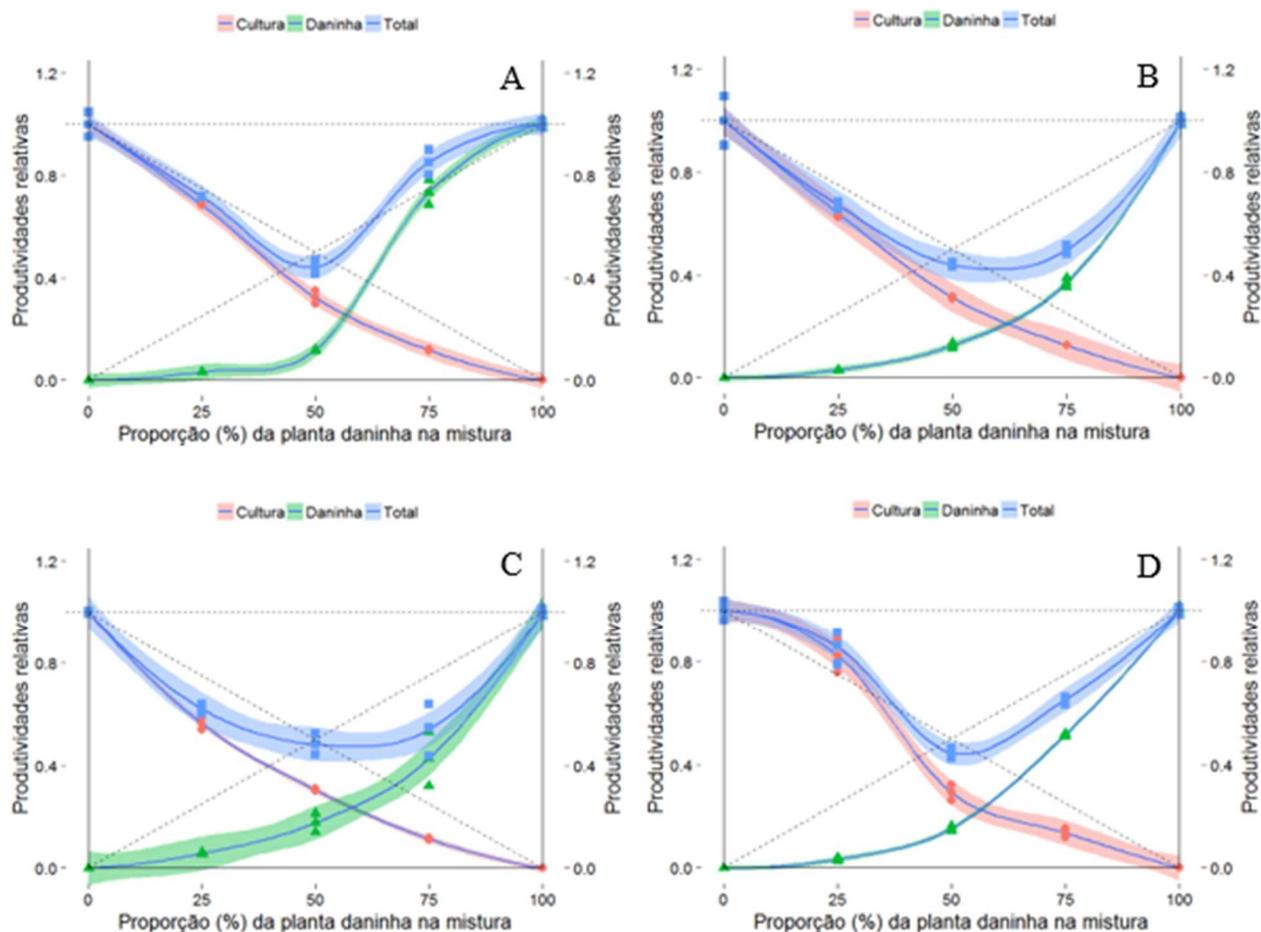


Figura 3. Produtividade relativa (PR) para área foliar ($\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$) das plantas das cultivares de soja (●) e para as plantas de guanxuma (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja : guanxuma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

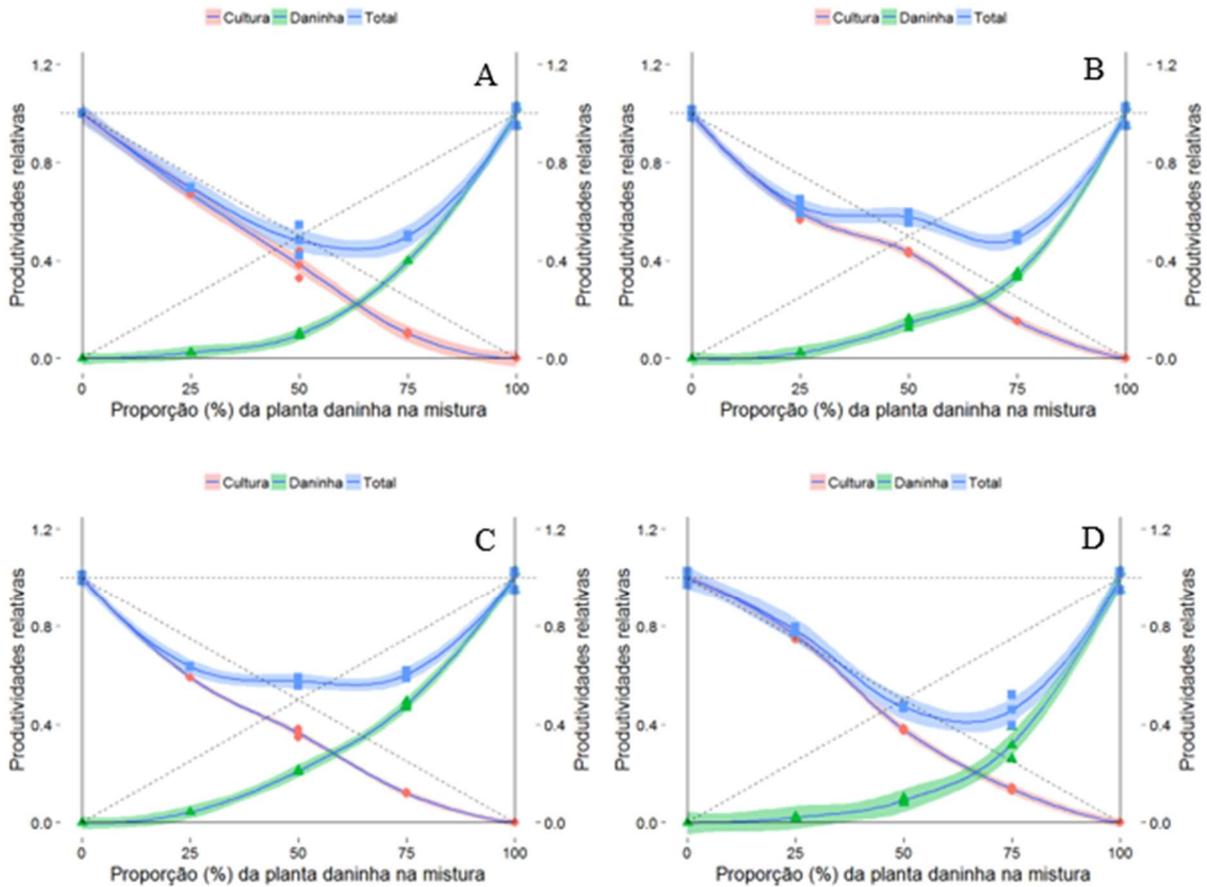


Figura 4. Produtividade relativa (PR) para massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}) das plantas das cultivares de soja (●) e para as plantas de guanduma (▲): Brasmax Ativa (A), DM 5958 RSF IPRO (B), Brasmax Elite (C) e Nidera 5445 IPRO (D), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja : guanduma). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Tabela 1. Respostas morfológicas de cultivares de soja (*Glycine max*) submetidos a interferência do competidor guanxuma (*Sida Rhombifolia*), expressas em altura de plantas (A), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS), em experimento conduzido em série substitutiva, avaliação aos 55 dias após a emergência das plantas.

Proporção de plantas (soja:guanxuma)	Variáveis			
	Altura de plantas (cm)	Diâmetro de Caule (mm)	Área foliar (cm ² vaso ⁻¹)	Massa seca (g vaso ⁻¹)
Brasmax Ativa				
100:0 (T)	33,73	2,48	4707,84	43,09
75:25	34,27	2,89*	4300,68*	38,66
50:50	32,80*	2,99*	3047,53*	33,03*
25:75	29,97*	3,25*	2233,34*	17,62*
C.V (%)	3,70	4,60	5,20	8,30
Competidor guanxuma				
0:100 (T)	17,83	1,60	574,83	6,02
25:75	14,47*	1,42*	562,02	3,19*
50:50	7,00*	1,07*	136,10*	1,19*
75:25	6,70*	0,95*	76,27*	0,60*
C.V (%)	3,40	5,9	6,3	5,60
DM 5958 RSF IPRO				
100:0 (T)	35,37	3,11	6840,66	50,15
75:25	37,50	3,24	5831,32*	39,96*
50:50	36,20	3,31	4280,99*	43,50*
25:75	36,30	3,52*	3480,19*	30,60*
C.V (%)	3,40	6,40	7,30	3,10
Competidor guanxuma				
0:100 (T)	17,70	1,60	574,83	6,02
25:75	11,47*	1,33*	284,39*	2,74*
50:50	9,83*	1,28*	145,92*	1,73*
75:25	6,80*	1,03*	71,81*	0,57*
C.V (%)	8,60	10,90	4,30	7,40
Brasmax Elite				
100:0 (T)	34,60	2,99	6936,50	52,78
75:25	29,60*	3,52	5199,82*	41,64*
50:50	32,20*	3,43	4234,00*	38,52*
25:75	30,00*	4,19*	3182,97*	25,59*

C.V (%)	1,4	9,3	3,0	3,0
Competidor guanxuma				
0:100 (T)	17,70	1,60	574,83	6,02
25:75	19,13	1,61	326,53*	3,87*
50:50	17,63	1,37*	203,71*	2,54*
75:25	10,33*	1,40*	132,65*	1,06*
C.V (%)	10,20	4,10	16,50	4,80
Nidera 5445 IPRO				
100:0 (T)	34,20	3,11	5804,43	46,71
75:25	34,57	3,03	6366,20	47,51
50:50	31,67*	3,39	3394,25*	35,48*
25:75	31,07*	3,84*	3163,22*	25,61*
C.V (%)	3,20	8,20	9,10	3,00
Competidor guanxuma				
0:100 (T)	17,70	1,60	574,83	6,02
25:75	11,10*	1,25*	395,07*	2,58*
50:50	9,63*	1,16*	176,12*	1,09*
75:25	7,97*	1,04*	76,26*	0,52*
C.V (%)	4,70	9,00	4,10	13,40

* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Índices de competitividade entre cultivares de soja (*Glycine max*) com a planta daninha guanxuma (*Sida rhombifolia*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas, para as variáveis: Altura de plantas (A), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS) aos 55 dias após a emergência das plantas. UFFS, 2016.

Variáveis	CR	Kx (soja)	Ky (guanxuma)	A
	Altura de plantas (cm)			
Brasmax Ativa x guanxuma	2,48 ± 0,04*	0,95 ± 0,01*	0,24 ± 0,04	0,29 ± 0,04*
DM 5958 RSF IPRO x guanxuma	1,87 ± 0,13*	1,05 ± 0,01*	0,39 ± 0,04	0,23 ± 0,02*
Brasmax Elite x guanxuma	0,94 ± 0,05 ns	0,87 ± 0,02 ns	1,01 ± 0,11	-0,03 ± 0,03 ns
Nídera 5445 IPRO x guanxuma	1,70 ± 0,01*	0,86 ± 0,04*	0,37 ± 0,01	0,19 ± 0,01*
Diâmetro de caule (mm)				
Brasmax Ativa x guanxuma	1,81 ± 0,02*	1,52 ± 0,04*	0,50 ± 0,01	0,27 ± 0,03*
DM 5958 RSF IPRO x guanxuma	1,37 ± 0,19 ns	1,15 ± 0,13 ns	0,68 ± 0,10	0,13 ± 0,07 ns
Brasmax Elite x guanxuma	1,34 ± 0,02*	1,36 ± 0,06*	0,75 ± 0,01	0,15 ± 0,01*
Nídera 5445 IPRO x guanxuma	1,52 ± 0,04*	1,22 ± 0,11*	0,57 ± 0,07	0,18 ± 0,03*
Área foliar (cm ² vaso ⁻¹)				
Brasmax Ativa x guanxuma	2,73 ± 0,01*	0,480 ± 0,03*	0,13 ± 0,02	0,21 ± 0,01*
DM 5958 RSF IPRO x guanxuma	2,48 ± 0,12*	0,455 ± 0,01*	0,15 ± 0,01	0,19 ± 0,01*
Brasmax Elite x guanxuma	1,77 ± 0,18 ns	0,439 ± 0,04*	0,22 ± 0,01	0,13 ± 0,02*
Nídera 5445 IPRO x guanxuma	1,92 ± 0,16*	0,415 ± 0,03*	0,18 ± 0,01	0,14 ± 0,02*
Massa seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)				
Brasmax Ativa x guanxuma	3,87 ± 0,17*	0,63 ± 0,08*	0,11 ± 0,04	0,29 ± 0,03*
DM 5958 RSF IPRO x guanxuma	3,05 ± 0,20*	0,77 ± 0,01*	0,17 ± 0,01	0,29 ± 0,01*
Brasmax Elite x guanxuma	1,73 ± 0,05*	0,58 ± 0,02*	0,27 ± 0,03	0,15 ± 0,01*
Nídera 5445 IPRO x guanxuma	4,23 ± 0,29*	0,61 ± 0,01*	0,10 ± 0,01	0,29 ± 0,01*

* Diferença significativa pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. K_x e K_y são os coeficientes de agrupamento relativos das cultivares de soja e do competidor guanxuma, respectivamente.

4 ARTIGO II - INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE *Sida rhombifolia* EM CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICAS

RESUMO - A *Sida rhombifolia* (guanxuma) é uma planta daninha difundida pelas lavouras brasileiras que apresenta elevado potencial de causar perda de produtividade de grãos da soja. Objetivou-se com este trabalho avaliar a interferência e determinar o nível de dano econômico (NDE) da guanxuma infestante de cultivares de soja. Os tratamentos foram compostos por cultivares de soja (NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax ELITE IPRO, Brasmax LANÇA IPRO e SYN 13561 IPRO) e densidades de guanxuma (0, 2, 3, 4, 9, 15, 16, 23, 22 e 58; 0, 2, 3, 3, 6, 6, 10, 11, 18 e 47; 0, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 15 e 24; 0, 1, 4, 6, 12, 18, 19, 31, 44 e 50; 0, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 20, 20 e 47; e 0, 2, 3, 5, 9, 11, 15, 18, 29 e 30 plantas m⁻²), respectivamente para cada cultivar. As variáveis avaliadas foram; densidade de plantas, área foliar, cobertura de solo, massa seca da parte aérea da guanxuma, a produtividade de grãos, o preço da soja, o custo de controle e a eficiência do herbicida. O modelo de regressão não linear estimou adequadamente as perdas de produtividade de grãos da soja na presença da guanxuma. A densidade de plantas foi a variável que melhor se ajustou ao modelo da hipérbole retangular. As cultivares de soja NS 6909 IPRO, NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO são mais competitivas do que a DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e a SYN 13561 IPRO. Os valores de NDE variam de 0,55 a 0,95 plantas m⁻² para as cultivares NS 6909 IPRO, NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO as quais demonstraram maior competitividade com a guanxuma. Os menores valores de NDE variam de 0,26 a 0,61 plantas m⁻², para as cultivares DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e a SYN 13561 IPRO sendo que essas apresentam as menores competitividades com o competidor.

Palavras-chave: *Glycine max*, Guanxuma, Manejo integrado de plantas daninhas.

INTERFERENCE AND ECONOMIC DAMAGE LEVEL OF *Sida rhombifolia* IN GMO SOY CULTIVARS

ABSTRACT - *Sida rhombifolia* (arrowleaf sida) stands out as a weed spread by Brazilian crops with high potential to cause losses in soy, if not managed. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the interference and determine the level of economic damage (NDE) of the arrowleaf sida weed of soybean cultivars. The treatments consisted of soybean cultivars (NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax ELITE IPRO, Brasmax LANÇA IPRO and SYN 13561 IPRO) and arrowleaf sida densities (0, 2, 3, 4, 9, 15, 16, 23, 22 and 58; 0, 2, 3, 3, 6, 6, 10, 11, 18 and 47; 0, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 15 and 24; 0, 1, 4, 6, 12, 19, 31, 44 and 50; 0, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 20, 20 and 47; and 0, 2, 3, 5, 9, 11, 15, 18, 29 and 30 plants m⁻²), respectively for each cultivar. The variables evaluated were; plant density, leaf area, soil cover, dry mass of the aerial part of the sida, grain productivity, soy price, control cost and herbicide efficiency. The non-linear regression model adequately estimated the grain yield losses of soy in the presence of sida. Plant density was the variable that best adjusted to the rectangular hyperbola model. The soybean cultivars NS 6909 IPRO, NA 5909 RG and Brasmax Lança IPRO are more competitive than DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO and SYN 13561 IPRO. The NDE values range from 0.55 to 0.95 plants m⁻² for the cultivars NS 6909 IPRO, NA 5909 RG and Brasmax Lança IPRO which demonstrated higher competitiveness with sida. The lowest NDE values range from 0.26 to 0.61 plants m⁻², for the cultivars DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO and SYN 13561 IPRO being that these present the lowest competitiveness with the competitor.

18, 19, 31, 44 and 50; 0, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 20, 20 and 47; and 0, 2, 3, 5, 9, 11, 15, 18, 29 and 30 plants m⁻²), respectively for each cultivar. The evaluated variables were; plant density, leaf area, soil cover, dry mass of shoots, grain yield, soybean price, control cost and herbicide efficiency. The nonlinear regression model adequately estimates the losses of soybean grain yield in the presence of arrowleaf sida. Plant density was the variable that best fitted the rectangular hyperbola model. The soybean cultivars NS 6909 IPRO, NA 5909 RG and Brasmax Lança IPRO are more competitive than DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO and SYN 13561 IPRO. The NDE values vary from 0.55 to 0.95 plants m⁻² for the cultivars NS 6909 IPRO, NA 5909 RG and Brasmax Lança IPRO which showed greater competitiveness with guaxuma. The lowest NDE values range from 0.26 to 0.61 plants m⁻², for the cultivars DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO and SYN 13561 IPRO, which have the lowest competitiveness with the competitor.

Keywords: *Glycine max*, Arrowleaf sida, Integrated weed management.

Introdução

As plantas daninhas aparecem como responsáveis por causar prejuízos expressivos caso não manejadas ou controladas de forma equivocada. As perdas por competição, variam entre 2 a 94%, dependendo das cultivares de soja envolvidas, densidades e espécies de plantas daninhas, épocas de emergência, condições edafoclimáticas, dentre outras (Song et al., 2017; Zandoná et al., 2018; Galon et al., 2019; Diesel et al., 2020). Devido a importância da soja para o Brasil, conhecer e manejar adequadamente os fatores que proporcionam redução da produtividade de grãos da cultura são fundamentais para obtenção de melhores resultados econômicos aos agricultores.

As plantas daninhas competem com a cultura pelos recursos do meio, como água, luz e nutrientes e quando não controladas podem causar elevadas perdas de produtividade da soja (Forte et al., 2017; Zandoná et al., 2018; Diesel et al., 2020). Entre as espécies daninhas que causam perdas na soja, destaca-se a *Sida rhombifolia* (guaxuma), especialmente pelas características de adaptabilidade a solos pouco férteis, ácidos e pela elevada habilidade competitiva que a mesma apresenta.

A guaxuma apresenta folhas anfiestomáticas, com estômatos anomocíticos de fácil adaptação ao meio em que cresce e se desenvolve (Cunha et al., 2012). O manejo correto da guaxuma torna-se fundamental nas lavouras de soja, pois a ocorrência ocasiona perdas diretas, como redução de produtividade e da qualidade de grãos e indiretas, como planta hospedeira da mosca branca que transmite virose às culturas (Rizzardi et al., 2003).

Além de se entender os danos causados pela competição, se faz necessário compreender a

influência da densidade das plantas daninhas ao conviverem com as culturas nas lavouras (Agostinetto et al., 2010; Zandoná et al., 2018). Isto porque entre as estratégias de manejo das plantas daninhas, amplamente difundidas, está o método químico, através de herbicidas devido a eficiência, praticidade e baixo custo, quando comparado a outros métodos de controle (Timossi e Freitas, 2011). Apesar da eficiência do controle químico, na atualidade a busca por modelos de produção mais sustentável é pauta de discussões que contemplam as estratégias do manejo de plantas daninhas baseadas no nível de dano econômico (NDE). Conhecer o NDE torna-se uma ferramenta importante ao agricultor, pois permite que este monitore sua lavoura e tome a decisão sobre o melhor momento e também a melhor forma de manejar as plantas daninhas infestantes da cultura.

O conceito do NDE preconiza que a aplicação de herbicidas ou de outros métodos de controle somente se justifica caso os prejuízos causados pelas plantas daninhas sejam superiores ao custo da medida de controle utilizada (Agostinetto et al., 2010; Kalsin e Vidal, 2013; Galon et al., 2019). Quando existem elevadas densidades de plantas daninhas competindo com as culturas, a tomada de decisão de controle pelos produtores fica facilitada. No entanto, quando as plantas daninhas aparecem em baixas densidades populacionais, a adoção de medidas para controle torna-se difícil em virtude de se quantificar as vantagens econômicas associadas ao custo do controle (Kalsin e Vidal, 2013; Galon et al., 2019).

Para estimar as perdas de produtividades de grãos das culturas pela presença das plantas daninhas tem-se usado modelos matemáticos (Galon e Agostinetto, 2009). A relação hiperbólica entre produtividade de grãos e a densidade de plantas daninhas foi descrita, inicialmente por Cousens (1985). Este autor ajustou um modelo empírico (modelo da hipérbole retangular) para prever a perda de produtividade como função da densidade de plantas daninhas, obtendo resultados que demonstraram a superioridade deste modelo sobre outros. O modelo de Cousens apresenta vantagem especialmente ao estimar interferências por plantas daninhas em baixas densidades.

O modelo da hipérbole retangular baseia-se na relação não linear entre a percentagem de perda de produtividade por interferência, em relação à testemunha livre de infestação, e a densidade de plantas daninhas (Cousens, 1985). Ele incorpora os parâmetros i que representa a perda de produção causada pela adição da primeira planta daninha e o a que demonstra a perda de produção quando a densidade de plantas daninhas tende ao infinito. O significado biológico do modelo mostra que o efeito de competição de cada planta daninha adicionada à cultura diminui quando a densidade de plantas daninhas aumenta, em decorrência da competição intraespecífica (Forte et al., 2017).

A hipótese do trabalho é que ocorre diferenciação na competitividade da cultura e do nível de dano econômico de acordo com as cultivares de soja em convivência com densidades de guaxuma. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar a interferência e determinar o nível de dano econômico (NDE) de guaxuma infestante de cultivares de soja.

Material e métodos

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim/RS, de outubro de 2017 a fevereiro de 2018, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (EMBRAPA, 2013). O clima do local é do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente) conforme classificação estabelecida por Koeppen, nos quais as chuvas (Figura 1) são bem distribuídas ao longo do ano (Cemets, 2012). A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas de acordo com a análise físico-química seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da soja (ROLAS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 5,1; MO = 3,0%; P= 5,2 mg dm⁻³; K= 118,0 mg dm⁻³; Al³⁺=0,3 cmolc dm⁻³; Ca²⁺= 5,5 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 3,0 cmolc dm⁻³; CTC(t)= 7,4 cmolc dm⁻³; CTC(TpH=7,0)= 16,6 cmolc dm⁻³; H+Al= 7,7 cmolc dm⁻³; SB= 53% e Argila= 60%.

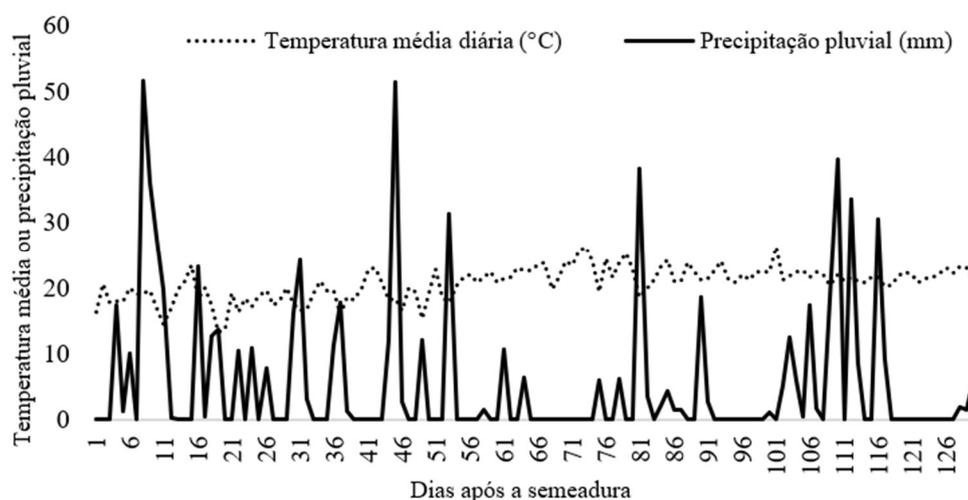


Figura 5: Precipitação pluvial e temperatura média diária durante o ciclo da cultura da soja de outubro de 2017 a fevereiro de 2018, UFFS, Erechim/RS. Fonte: Inmet (2018).

O sistema de cultivo da soja foi o de plantio direto na palha, sendo dessecada a vegetação com o herbicida glyphosate (1440 g ha⁻¹ de equivalente ácido – e.a), 20 dias antes da semeadura das cultivares de soja, a qual foi realizada com semeadura/adubadora em 04/10/2017 distribuindo-se no sulco de semeadura a quantidade de 480 kg ha⁻¹ da fórmula 02-20-20 de N-P-K.

O delineamento experimental adotado foi o completamente casualizado, com uma repetição, sendo os tratamentos compostos por seis cultivares de soja (NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e SYN 13561 IPRO) e dez densidades de guanxuma para cada cultivar (0, 2, 3, 4, 9, 15, 16, 23, 22 e 58; 0, 2, 3, 3, 6, 6, 10, 11, 18 e 47; 0, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 15 e 24; 0, 1, 4, 6, 12, 18, 19, 31, 44 e 50; 0, 4, 5, 6, 9, 13, 17, 20, 20 e 47; e 0, 2, 3, 5, 9, 11, 15, 18, 29 e 30 plantas m⁻²). Em razão da guanxuma ser proveniente do banco de sementes do solo, o estabelecimento das densidades foi variado, pois fatores como infestação, vigor, umidade, entre outros, impedem que se estabeleça exatamente o mesmo número de plantas por área (unidade experimental). As diferentes densidades de guanxuma atuaram como repetições, fornecendo a variação necessária para a análise estatística, usando o modelo não linear proposto por Cousens (1985).

Cada unidade experimental foi composta por uma área de 15 m² (5 × 3 m), com seis linhas de soja espaçadas a 0,50 m entre si, sendo considerado como área útil de avaliações as quatro linhas centrais e descontando-se 1 m de bordaduras frontais e finais de cada parcela. A densidade de semeadura, para as diferentes cultivares de soja foi de 280.000 sementes ha⁻¹ (28 plantas m⁻²). As cultivares de soja foram selecionadas pela diferença genética que apresentam e também por serem as mais cultivadas pelos produtores da região, com as seguintes características: a) NS 6909 IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 6.3, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; b) NA 5909 RG: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, grupo de maturação 6.2, resistente insetos e tolerante a herbicidas; c) DM 5958 RSF IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 5.8, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; d) Brasmax Elite IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, grupo de maturação 5.5, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; e) Brasmax Lança IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 5.8, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; e f) SYN 13561 IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio-precoce, grupo de maturação 6.1, resistente a insetos e tolerante a herbicidas.

A densidade da espécie competidora foi estabelecida a partir do banco de sementes do solo, pela aplicação do herbicida glyphosate (1440 g ha⁻¹ de e.a), quando a cultura se encontrava nos estádios fenológicos V3 (32 dias após a emergência – DAE) e a planta daninha no estágio de 2 a 4 folhas. A época foi escolhida em razão de ser a mais adequada para aplicação de herbicidas em pós-emergência da cultura da soja geneticamente modificada. As plantas de guanxuma objeto de estudo foram protegidas com copos e/ou baldes plásticos, para que não sofressem injúrias do herbicida. A aplicação foi realizada com a utilização de um pulverizador costal de

precisão, pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02, mantendo-se pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de 3,6 km h⁻¹, o que proporcionou a vazão de 150 L ha⁻¹ de calda de herbicida.

A quantificação da densidade de plantas (DP) de guanxuma, área foliar (AF), cobertura do solo (CS) e massa seca da parte aérea (MS), foi realizada aos 54 dias após a emergência da cultura. Para determinação da variável DP, foram realizadas contagens das plantas presentes em duas áreas de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) por parcela. A CS por plantas de guanxuma foi avaliada visualmente, de modo individual por dois avaliadores, utilizando-se escala percentual, na qual a nota zero corresponde à ausência de cobertura e a nota 100 representa cobertura total do solo. Para a determinação da AF (cm² m⁻²) utilizou-se medidor portátil de área foliar modelo CI-203 BioScience coletando-se as plantas no centro de cada unidade experimental em área de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²). Posteriormente a aferição da AF alocou-se as plantas de guanxuma em sacos de papel *kraft*, sendo submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 65±5°C, até se atingir massa constante para a determinação da MS da parte aérea.

Ao final do ciclo da cultura da soja, realizou-se a quantificação da produtividade de grãos das cultivares, a qual foi obtida pela colheita das plantas em área útil de 6 m² (3 x 2 m), de cada unidade experimental, quando o teor de umidade dos grãos atingiu aproximadamente 15%. Após a pesagem dos grãos, foi determinada sua umidade e em seguida, as massas foram corrigidas para o teor de 13% de umidade e os valores extrapolados para kg ha⁻¹.

As determinações de perdas percentuais de produtividade de grãos das cultivares de soja, em relação às unidades experimentais livres de plantas competidoras foram calculadas de acordo com a Equação 1:

$$\text{Perda (\%)} = \left(\frac{Ra - Rb}{Ra} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1, onde: Ra e Rb: produtividade da}$$

cultura sem ou com presença da planta competidora, guanxuma, respectivamente.

Anteriormente à análise dos dados, os valores de MS (g m⁻²), CS (%) ou AF (cm²) foram multiplicados por 100, dispensando-se assim o uso do fator de correção no modelo (Rizzardari et al., 2003; Agostinetto et al., 2010).

As relações entre as porcentagens de perda de produtividade de grãos em relação às variáveis explicativas foram calculadas separadamente para cada cultivar de soja, utilizando o modelo de regressão não linear derivado da hipérbole retangular proposta por COUSENS (1985), de acordo com a Equação 2:

$$Pp = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{Equação 2, onde: } Pp = \text{perda de produtividade (\%); } X =$$

densidade de guanxuma, massa seca da parte aérea, área foliar ou cobertura do solo; i e a = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de guanxuma quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao infinito, respectivamente.

Para o procedimento da modelagem matemática a fim de estimar a habilidade competitiva das espécies e para o cálculo do NDE, o ajuste dos dados ao modelo foi realizado com o procedimento *Proc Nlin* do programa computacional SAS (SAS, 1989). Para isso utilizou-se as variáveis DP, CS, AF e MS. Para o procedimento dos cálculos, foi utilizado o método de Gauss-Newton, o qual, por sucessivas iterações, estima os valores dos parâmetros, nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação aos valores ajustados, seja mínima (Ratkowsky, 1983).

O valor da estatística F ($p \leq 0,05$) foi utilizado como critério de ajuste dos dados ao modelo da hipérbole retangular. O critério de aceitação do ajuste dos dados ao modelo baseou-se nos maiores valores do coeficiente de determinação (R^2) e do F, e no menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR).

Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) foi utilizado as estimativas do parâmetro i obtidas a partir da equação proposta por Cousens (1985), e adaptada de Lindquist e Kropff (1996) (Equação 3).

$$NDE = \frac{(Cc)}{(R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100}))} \quad \text{Equação 03, onde: } NDE = \text{nível de dano}$$

econômico (plantas m^{-2}); Cc = custo do controle (herbicida glyphosate e aplicação terrestre tratorizada, em dólares ha^{-1}); R = produtividade de grãos das cultivares de soja ($kg\ ha^{-1}$); P = preço da soja (dólares kg^{-1} de grãos); i = perda (%) de produtividade da soja por unidade de planta competidora quando o nível populacional se aproxima de zero e H = nível de eficiência do herbicida (%).

Para as variáveis Cc , R , P e H (Equação 3) foram estimados três valores. Assim, para o custo de controle (Cc), considerou-se o preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterados em 25%, em relação ao custo médio. A produtividade de grãos de soja (R) foi baseada na menor, média e maiores produtividades obtidas no Rio Grande do Sul nos últimos dez anos (CONAB, 2020). O preço do produto (P) foi estimado a partir do menor, médio e maior preço da soja pago por saca de 60 kg, nos últimos dez anos (CEPEA, 2020). Considerando-se a produtividade

média da soja nos últimos dez anos no estado do Rio Grande do Sul de 2.760 kg ha⁻¹ (Conab, 2020), o preço médio de 18,87 dólares a 60 kg e o custo de controle da guanxuma de 17,07 dólares ha⁻¹, estima-se que o custo de controle equivale a 1,96% da produção. Os valores para a eficiência do herbicida (H) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e 100% de controle, sendo 80% o controle mínimo considerado eficaz da planta daninha (SBCPD, 1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

Resultados e discussão

As variáveis explicativas, densidade de plantas (DP), área foliar (AF), cobertura do solo (CS) e massa seca da parte aérea (MS) de guanxuma para todas as cultivares de soja NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF IPRO, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e SYN 13561 IPRO apresentaram valores de F significativos (Figuras 2, 3, 4 e 5). O modelo da hipérbole retangular demonstra ajuste para todas as cultivares estudadas, com R² maior que 0,57 e valores do QMR baixos. Observou-se variação no ajuste dos dados em relação a cultivar e variáveis estudadas, resultados estes similares aos observados na literatura, para arroz x capim-arroz (Agostinetto et al., 2010), feijão x papuã (Kalsing e Vidal, 2013) e soja x papuã (Galon et al., 2019). De acordo com Cargnelutti Filho e Storck, (2007) ao trabalharem com variação genética, efeito de cultivares e a herdabilidade de híbridos de milho, consideraram como moderados a bom os valores de R² entre 0,57 a 0,66, o que corrobora, em partes com os resultados encontrados no presente estudo.

Os resultados demonstram que os valores estimados para o parâmetro *i* tenderam a ser maiores para as cultivares de soja DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e a SYN 13561 IPRO ao se comparar aos valores médios de todas as variáveis avaliadas - DP, CS, AF e MS (Figuras 2, 3, 4 e 5). Nessa mesma comparação observou-se que a maior competitividade foi verificada para as cultivares NS 6909 IPRO, NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO as quais apresentaram as menores perdas de produtividades de grãos em relação as demais cultivares, com menores valores médios do parâmetro *i*. Fato este que pode estar determinado em função das diferenças genéticas que as cultivares apresentam como; ciclo, grupo de maturação, estatura, índice de área foliar, sistema radicular, dentre outros e principalmente quando ocorre escassez de recursos as plantas usam para se desenvolverem. Os resultados verificados corroboram aos encontrados por Butts et al. (2018), ao avaliarem a competição de *Amaranthus tuberculatus* com a cultura, observaram redução de 35% na biomassa da parte aérea quando a soja foi posta a competição com diferentes densidades de três biótipos dessa espécie daninha.

Ainda, outra observação relevante tange ao número de plantas de guanxuma necessários para provocar perdas de mais de 20% na produtividade de grãos de soja, tendo sido verificado que esta perda já é evidente com a presença de apenas 7 plantas m^{-2} no caso da cultivar SYN 13561 IPRO (21,15%) e de 8 plantas m^{-2} para a DM 5958 RSF IPRO (20,44%) e Brasmax Lança IPRO (20,54%). As demais cultivares avaliadas com a presença desse número de plantas de guanxuma m^{-2} todas demonstraram perdas de produtividades inferiores a 18,7% (Figura 2). De modo similar, Galon et al. (2019), ao avaliarem a perda de produtividade de grãos de soja também constataram a tolerância diferencial da cultura, onde as cultivares SYN 1059 IPRO, BMX Elite IPRO e NS 5445 IPRO apresentaram perdas pouco expressivas em relação percentagem de grãos do que as cultivares NS 5959 IPRO e SYN 13561 IPRO quando infestadas por diferentes densidades de papuã. Desse modo fica evidente as capacidades distintas das cultivares em conviverem e/ou tolerarem a presença das diferentes espécies de plantas (guanxuma ou papuã) de acordo com as características intrínsecas de cada material e questões relacionadas a variação edáfica. Song et al. (2017) encontraram perdas de produtividade de grãos de soja superiores a 90%, quando a cultura competiu com *Ambrosia artemisiifolia*, *Echinochloa crus-galli*, *Sonchus oleraceus*, *Beckmannia syzigachne* e *Chenopodium album*. Várias pesquisas têm relatado haver diferenciação quanto a habilidade competitiva de cultivares de culturas quando na presença de plantas daninhas, fato esse atribuído ao conjunto de características morfofisiológicas inerentes as mesmas (Agostinetto et al., 2010; Kalsing e Vidal, 2013; Galon et al., 2019; Tavares et al., 2019; Diesel et al., 2020).

Os resultados demonstram que à medida que a guanxuma dobrou o tamanho de sua AF, ou seja, passou de 250 para 500 $cm^2 m^{-2}$ as cultivares, NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e SYN 13561 IPRO perderam, respectivamente 32,3; 21,8; 48,3; 50,0; 46,9; 48,7% a produtividade de grãos (Figura 3). Esse fato decorre em função de que a soja não conseguiu até os 54 dias após a emergência sombrear totalmente o solo permitindo maior penetração de luz pelo dossel da comunidade e assim sendo, terá a soja menor competitividade na presença das plantas de guanxuma. Quando uma cultura é sombreada deve-se destacar que se tem elevada competição pelo recurso luz, o que a torna menos eficiente na busca por radiação solar e conseqüentemente, se desenvolve, cresce e irá ter menor produtividade de grãos do que o normal (Merotto Jr. et al., 2009). Resultados similares foram observados por Galon et al. (2019) ao testarem diferentes cultivares de soja em competição com densidades de papuã, onde o aumento da AF da planta daninha ocasionou incremento da perda de grãos da cultura.

Os resultados para perda de produtividade das cultivares de soja em relação ao

percentual de cobertura do solo (Figura 4), demonstram semelhança ao observado em relação a DP (Figura 2) e a AF (Figura 3), ou seja, com aumento da porcentagem de cobertura da guaxuma ao solo maior foi o dano ocasionado a cultura. Observou-se que todas as cultivares de soja apresentam elevadas reduções percentuais de produtividade de grãos com aumento da CS pela planta daninha. Esse fato vai ao encontro com o explicado para a DP e AF, onde quem apresentar maiores índices leva vantagem na competição com seu vizinho, principalmente pelo recurso luz e conseqüentemente maior crescimento e desenvolvimento apresentará, conforme já discutido anteriormente.

Estudos com as espécies *Digitaria ciliaris*, *Echinochloa crusgalli* var. *crusgalli*, *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Urochloa plantaginea* demonstram elevada capacidade competitiva dessas espécies com a soja (Agostinetto et al. 2013; Bastiani et al., 2016; Forte et al., 2017; Galon et al., 2019). A incidência de luz solar devido à baixa CS pode auxiliar na emergência de plantas daninhas, porém para a guaxuma não há aumento na germinação na presença de luz, sendo insensível a essa condição climática (Fleck et al., 2001). Condição essa que permite a espécie se estabelecer em uma maior variabilidade de condições edafoclimáticas e desse modo ser muito competitiva com as culturas de interesse agrícola.

Ao acumular 100 g m⁻² de massa seca da parte aérea a guaxuma ocasionou reduções da produtividade de grãos das cultivares NS 6909 IPRO, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, e SYN 13561 IPRO superiores a 11% e inferiores a 4% para a NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO (Figura 5). A competitividade de cevada voluntária, aveia, rabo-de-raposa, caruru e mostarda-selvagem com canola e mostarda amarela causaram perdas mais significativas no rendimento da canola do que da mostarda amarela, quando ambas estavam em competição com as plantas daninhas que emergiram naturalmente na área (Beckie et al., 2008). Esses mesmos autores citam ainda que cultivares com estatura alta, com rápida emergência e maior acúmulo de biomassa na parte aérea, possuem maior probabilidade e capacidade de serem competitivas. Cultivares de feijão ao competirem com papuã (Kalsing e Vidal, 2013) apresentaram comportamentos distintos e esse fato provavelmente está relacionado com as características intrínsecas diferenciadas que as mesmas apresentam como, hábito de crescimento, ciclo de desenvolvimento e número de ramos, dentro outras, que afetam a habilidade competitiva da cultura e o que ocasiona diferenciação entre os cultivares envolvidos na competição com plantas daninhas. Outros autores também afirmam haver diferenças entre cultivares de milho (Balbinot Jr. e Fleck, 2005), soja (Bianchi et al., 2006; Galon et al., 2019), arroz (Agostinetto et al., 2010) e feijão (Kalsing e Vidal, 2013) em competição com plantas daninhas.

Sendo o parâmetro *i* um índice usado para comparar a competitividade relativa entre

espécies (Swinton et al., 1994), observaram-se valores diferenciados para as cultivares de soja nas variáveis explicativas testadas (Figuras 2, 3, 4 e 5). Pesquisas com objetivos similares as do presente trabalho também usaram o parâmetro i para comparação de competitividade entre cultivares de: milho (Balbinot Jr. e Fleck, 2005), soja (Bianchi et al., 2006), arroz (Galon e Agostinetto, 2009), feijão (Kalsing e Vidal, 2013) e trigo (Tavares et al., 2019).

A comparação entre as cultivares de soja considerando o parâmetro i , na média das variáveis explicativas (DP, AF, CS ou MS), demonstrou que a ordem de colocação, em relação a competitividade foi: NA 5909 RG > NS 6909 IPRO > Brasmax Lança IPRO > DM 5958 RSF > Brasmax Elite IPRO > SYN 13561 IPRO (Figuras 2, 3, 4 e 5). As diferenças observadas entre os resultados das cultivares devem-se em grande parte, às características genéticas das mesmas, ou a ocorrência de elevado erro-padrão na estimativa do parâmetro i pode ser atribuído em parte a variabilidade associada com experimentação de campo e/ou a plasticidade fenotípica da cultura (Dieleman et al., 1995). Corrobora ao presente resultado, os observados por outros pesquisadores ao verificaram que cultivares de arroz infestado por capim-arroz (Agostinetto et al., 2010), de feijão (Kalsing e Vidal, 2013) ou de soja (Galon et al., 2019) responderam de forma distinta quanto ao parâmetro avaliado ao serem infestadas por plantas daninhas.

Em todas as variáveis explicativas, observou-se que as cultivares de mesmo ciclo de crescimento ou grupo de maturação apresentam valores diferenciados do parâmetro i (Figuras 2, 3, 4 e 5). Isso demonstra que as cultivares de soja respondem de modo distinto à competição com a guanxuma. De acordo com Balbinot Jr. e Fleck (2005), isso é decorrente do conjunto de características morfofisiológicas que as cultivares apresentam, que define a capacidade em competir com plantas daninhas pelos recursos disponíveis no ambiente. Outra explicação está relacionada à estatura entre os diferentes cultivares, característica está importante na competição por luz, a qual afeta a produtividade dependendo do estágio em que passa a ocorrer o sombreamento, relativamente à definição dos componentes da produtividade de grãos (Merotto Jr. et al., 2009). Ainda segundo estes autores, as folhas sombreadas recebem basicamente luz refletida e de menor intensidade, o que causará diminuição gradativa da taxa fotossintética à medida que se aproxima do solo.

As estimativas do parâmetro a , independentemente da variável explicativa, foram todas inferiores a 100% (Figuras 2, 3, 4 e 5), demonstrando que foi possível simular adequadamente as perdas máximas de produtividade de grãos da soja com as densidades de guanxuma. Ressalta-se ainda que quanto maior for o potencial produtivo das culturas e se as condições de fertilidade do solo, de disponibilidade de água e de luminosidade forem adequadas, tem-se como consequência uma menor perda percentual diária causada por uma determinada espécie

de planta daninha (Kalsing e Vidal, 2013).

De forma geral é possível perceber que as cultivares possuem respostas distintas frente a convivência com densidades variáveis de guaxumas. Contudo, sendo observado perdas de produtividade sempre que as plantas de soja (independente da cultivar) estiveram em convivência com a guaxuma, demonstrando haver grande competição entre as espécies, fato que ressalta a importância em adotar estratégias de manejo para a planta daninha em questão.

A comparação entre as variáveis explicativas para todas as cultivares de soja avaliadas, em geral, demonstrou melhor ajuste ao modelo para as variáveis $DP > AF > CS > MS$, considerando os maiores valores médios do R^2 e do F, e os menores valores médios do QMR (Figuras 2, 3, 4 e 5), evidenciando assim que a DP pode ser usada em substituição às demais variáveis para estimar as perdas de produtividades de grãos da soja.

Para realizar a simulação dos valores de nível de dano econômico – NDE foi utilizado a variável explicativa densidade de plantas (DP) da guaxuma, em razão desta ter apresentado no presente estudo o melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular ou ainda por ser a mais empregada em experimentos com esse objetivo, em função da facilidade, rapidez e baixo custo para a determinação (Agostinetto et al., 2010; Kalsing e Vidal, 2013; Galon et al., 2019).

O êxito na implantação de sistemas de manejo de guaxuma infestante da cultura da soja pode decorrer da determinação da densidade que excede o NDE. Desse modo observou-se que as cultivares NS 6909, NA 5909 RG e Brasmax Elite IPRO apresentaram os maiores valores de NDE em todas as simulações realizadas, tendo variações de 0,50 a 0,95 plantas m^{-2} (Figuras 6, 7, 8 e 9). Os menores valores de NDE foram obtidos com as cultivares DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e SYN 13561 IPRO com variações de 0,26 à 0,61 plantas m^{-2} . Os resultados que fazem com que as cultivares DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e SYN 13561 IPRO apresentem menor NDE podem ser decorrentes da menor velocidade de crescimento inicial ou mesmo por serem cultivares muito produtivas e desse modo apresentam maior sensibilidade a competição com plantas daninhas, mesmo em baixas densidades do competidor. De acordo com Balbinot Junior e Fleck (2005) cultivares que apresentam alta velocidade de crescimento no início do ciclo e características de planta apropriadas, especialmente estatura, sofrem menos a competição com plantas daninhas. Galon et al. (2019) também observaram que as cultivares de soja que apresentaram as maiores produtividades de grãos foram as que mais sofreram a competição com o papuã, ou seja, menor número de plantas m^{-2} foi necessário para atingir o NDE.

Na média de todas as cultivares de soja e comparando-se a menor com a maior produtividade de grãos, observou-se diferença no NDE na ordem de 24% (Figura 6). Assim

sendo quanto mais elevado for o potencial produtivo das cultivares, menor será a densidade de plantas de guanxuma necessária para superar o NDE, tornando-se compensatória adoção de medidas de controle da planta daninha. Ao avaliar o NDE para o papuã infestando cultivares de feijão (Kalsing e Vidal, (2013) e de soja (Galon et al., 2019) foi observado que o NDE varia em função das cultivares avaliadas e que àquelas que apresentam maior potencial produtivo, podem apresentar NDE menores em função do gasto energético que investem na produção de grãos.

Os resultados médios de todas as cultivares de soja do maior contra o menor preço pago por saca de soja, verificou-se variação de 1,47 vezes maior no valor do NDE (Figura 7). Portanto, quanto menor for o preço pago a saca de soja, maior será a população necessária de guanxuma para ultrapassar o NDE e assim compensar o método de controle. Tavares et al. (2019) e Galon et al. (2019) também constataram resultados similares em relação ao preço pago a saca de trigo e de soja, respectivamente, o que corrobora em partes com o presente estudo.

Para o custo médio de controle da guanxuma em todas as cultivares, verificou-se que foi 40,14% menor o custo mínimo ao se comparar com o custo máximo. Assim quanto maior for o custo do método de controle, maiores são os NDE e mais plantas de guanxuma m^{-2} são necessárias para justificar medidas de controle (Figura 8). O uso do NDE como uma ferramenta para o manejo de plantas daninhas deve ser associado com boas práticas agrícolas de manejos da soja, já que sua implantação somente se justifica nas lavouras que utilizem; rotação de culturas, arranjo adequado de plantas, uso de cultivares mais competitivas, épocas adequadas de semeadura, correção da fertilidade do solo, dentre outras.

Em relação a eficiência do controle químico com uso de herbicida observou-se que a eficiência média (90%) ao se comparar com a menor (80%) ou a maior (100%) tem-se alterações do NDE de 12,28 e 11,76%, respectivamente (Figura 9). Desse modo o nível de controle influencia o NDE, e, quanto mais elevada a eficiência do herbicida, menor o NDE (menor número de plantas de guanxuma m^{-2} necessárias para adotar medidas de controle), fato esse constatado também por Agostinetto et al. (2010) e Galon et al., (2019) ao aplicarem herbicidas para o controle de capim-arroz e papuã, respectivamente nas culturas de arroz irrigado e soja. Song et al. (2017), ao assumirem a eficiência de 90% do herbicida obtiveram NDE, de cinco espécies de plantas daninhas comuns para região de estudo, de 0,70 plantas m^{-2} como tomada de decisão para efetuar o controle na cultura da soja. Resultados esses que corroboram aos encontrados para a guanxuma no presente trabalho.

Verificou-se que mesmo que as cultivares de soja apresentem diferenças entre si, a partir dos valores de NDE foi observado que já em baixas densidade de guanxuma justifica-se o controle, mesmo nas situações em que o valor da saca de soja é o menor, demonstrando a alta capacidade

competitiva da planta daninha e a necessidade de manejo destas para evitar perdas. Rizzardi et al. (2003) verificaram que cada unidade de guanxuma adicionada ao ambiente pode culminar na redução de 0,4% na produtividade de grãos de soja, sendo essa diminuição linear até a densidade de 40 plantas m^{-2} , devido a maior competição interespecífica.

Levando-se em conta que a presença de uma planta de guanxuma m^{-2} ocasionará perdas de produtividades de 2,36; 2,59; 4,00; 2,24; 3,56 e 4,85%, respectivamente para os cultivares de soja NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e SYN 13561 IPRO (Figura 6), assim todas as cultivares apresentam perdas de produtividade superiores ao valor do custo de controle. Esses resultados indicam que a guanxuma é muito competitiva, mesmo em baixas populações, e que medidas de controles que eliminem até 99% da infestação podem não ser suficientes para evitar perdas de produtividades de grãos da soja.

Conclusões

O modelo de regressão não linear da hipérbole retangular estimou adequadamente as perdas de produtividade de grãos das cultivares de soja, NS 6909 IPRO, NA 5909 RG, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e SYN 13561 IPRO, na presença de densidades de guanxuma.

A densidade de plantas de guanxuma foi a variável que melhor se ajustou ao modelo da hipérbole retangular.

As cultivares de soja NS 6909 IPRO, NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO são mais competitivas do que a DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e a SYN 13561 IPRO considerando as variáveis densidades de plantas, área foliar, cobertura do solo e massa seca da parte aérea da guanxuma.

Os valores de nível de dano econômico variam de 0,55 a 0,95 plantas m^{-2} para as cultivares NS 6909 IPRO, NA 5909 RG e Brasmax Lança IPRO as quais demonstraram maior competitividade com a guanxuma.

Os menores valores de nível de dano econômico variam de 0,26 a 0,61 plantas m^{-2} , para as cultivares DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO e a SYN 13561 IPRO sendo que essas apresentam as menores competitividades com o competidor.

Os níveis de dano econômico diminuem com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca de soja, com a redução no custo de controle da guanxuma e da eficiência do herbicida, justificando a adoção de medidas de controle em menores densidades da planta daninha.

Agradecimentos

Ao CNPq, à FAPERGS, a UFFS e ao FINEP, pelo auxílio financeiro à pesquisa e pelas concessões de bolsas de Iniciação Científica e de Pós-Graduação.

Referências

- Agostinetto D, Fontana LC, Vargas L, Markus C, Oliveira E (2013). Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2013; 48 (10): 1315-1322.
- Agostinetto D, Galon L, Silva JMBV, Tironi SP, Andres A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. *Planta Daninha*, 2010; 28 (número especial): 993-1003.
- Balbinot Júnior, A. A.; Fleck, N. G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. *Planta Daninha*, 2005; 23 (3): 415-421.
- Bastiani MO, Lamego FP, Agostinetto D, Langaro AC, Silva DC. Competitividade relative de cultivares de soja com capim-arroz. *Bragantia*, 2016; 75 (4): 435-445.
- Beckie HJ, Johnson EN, Brackshaw RE, Gan Y. Productivity and quality of canola and mustard cultivars under weed competition. *Canadian Journal of Plant Science*, 2008; 88 (2): 367-372.
- Bianchi MA, Fleck NG, Lamego FP. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mutual. *Ciência Rural*, 2006; 36 (5): 1380-1387.
- Butts T, Vieira B, Latorre D, Werle R, Kruger G. Competitividade do water hemp resistente a herbicida (*Amaranthus tuberculatus*) com soja. *Weed Science*, 2018; 66: 729-737.
- Cargnelutti Filho A, Storck L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2007; 42 (1): 17-24.
- Centro Estadual de Meteorologia - Cemetr. Porto Alegre- RS, 2012. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/centro-estadual-de-meteorologia-e-revitalizado-594d163f275a5>. Acessado em: 13/06/2020.
- Cepea - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, Departamento de Economia, Administração e Sociologia, ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/soja>. Acesso em: 11/06/2020.
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 12/06/2020.

Cousens R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *Journal of Agricultural Science*, 1985; 105 (3): 513-521.

Cunha VC, Santos JB, Ferreira EA, Cabral CM, Silva DV, Gandini EM. Anatomia foliar em espécies de guanxuma. *Planta Daninha*, 2012; 30 (2): 341-349.

Dieleman A, Hamill AS, Weise SF, Swanton CJ. Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 1995; 43 (4): 612-618.

Diesel F, Trezzi MM, Gallon M, Mizerski PHF, Batistel SC, Pagnoncelli FB. Interference of broadleaf buttonweed and white-eye in soybean. *Planta Daninha*, 2020; 38:e020186466.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos. 2013; 154 p.

Fleck NG, Agostinetto D, Vidal RA, Merotto Júnior A. Efeitos de fontes nitrogenadas e de luz na germinação de sementes de *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia*. *Ciência e Agrotecnologia*, 2001; 25 (3): 592-600.

Forte TC, Basso FJM, Galon L, Agazzi LR, Nonemacher F, Concenço. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2017; 12 (2): 185-193.

Galon L, Rossetto ERO, Fransceschetti MB, Bagnara AM, Bianchessi F, Menegat AD, et al. Interference and economic threshold level of Alexander grass in soybean as a function of cultivars and weed populations. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 2019; 6 (7): 74-81.

Galon L, Agostinetto D. Comparison of empirical models for predicting yield loss of irrigated rice (*Oryza sativa*) mixed with *Echinochloa* spp. *Crop Protection*, 2009; 28 (10): 825-830.

Inmet - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/mapasPrecipitacao>>. Acesso em: 10/07/2020.

Kalsing A, Vidal RA. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. *Planta Daninha*, 2013; 31 (4): 843-850.

Lindquist JL, Kropff MJ. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) - *Echinochloa* competition. *Weed Science*, 1996; 44 (1): 52-56.

Merotto Jr. A, Fischer AJ, Vidal RA. Perspectivas da utilização da qualidade da luz como uma avançada ferramenta ecofisiológica para o manejo de plantas daninhas. *Planta Daninha*, 2009; 27 (2): 407-419.

Ratkowsky DA. Nonlinear regression modeling: a unified practical approach. New York: Marcel Dekker, 1983; p.135-154.

Rizzardi AM, Fleck NG, Mundstock CM, Bianchi MA. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma. *Ciência Rural*, 2003; 33 (4): 621-627.

Rolas - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. (2016). Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 11, 376p.

SAS: Institute Statistical Analysis System. (1989) User's guide: version 6.4 ed. Cary: SAS Institute, 846p.

SBCPD – Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

Song J, Kim J, Im J, Lee K, Lee B, Kim D. The effects of single-and multiple-weed interference on soybean yield in the far-eastern region of Russia. *Weed Science*, 2017; 65 (3): 371-380.

Swinton SM, Buhler DD, Forcella F, Gunsolus JL, King RP. Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. *Weed Science*, 1994; 42 (1): 103-109.

Tavares LC, Lemes ES, Ruchel Q, Westendorff NR, Agostinetto D. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. *Planta Daninha*, 2019; 37:e019178898.

Timossi PC, Freitas TT. Eficácia de nicosulfuron isolado e associado com atrazine no manejo de plantas daninhas em milho. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 2011; 10 (3): 210-218.

Zandoná RR, Agostinetto D, Silva BM, Ruchel Q, Fraga, DS. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. *Planta Daninha*, 2018; 36:e018169361.

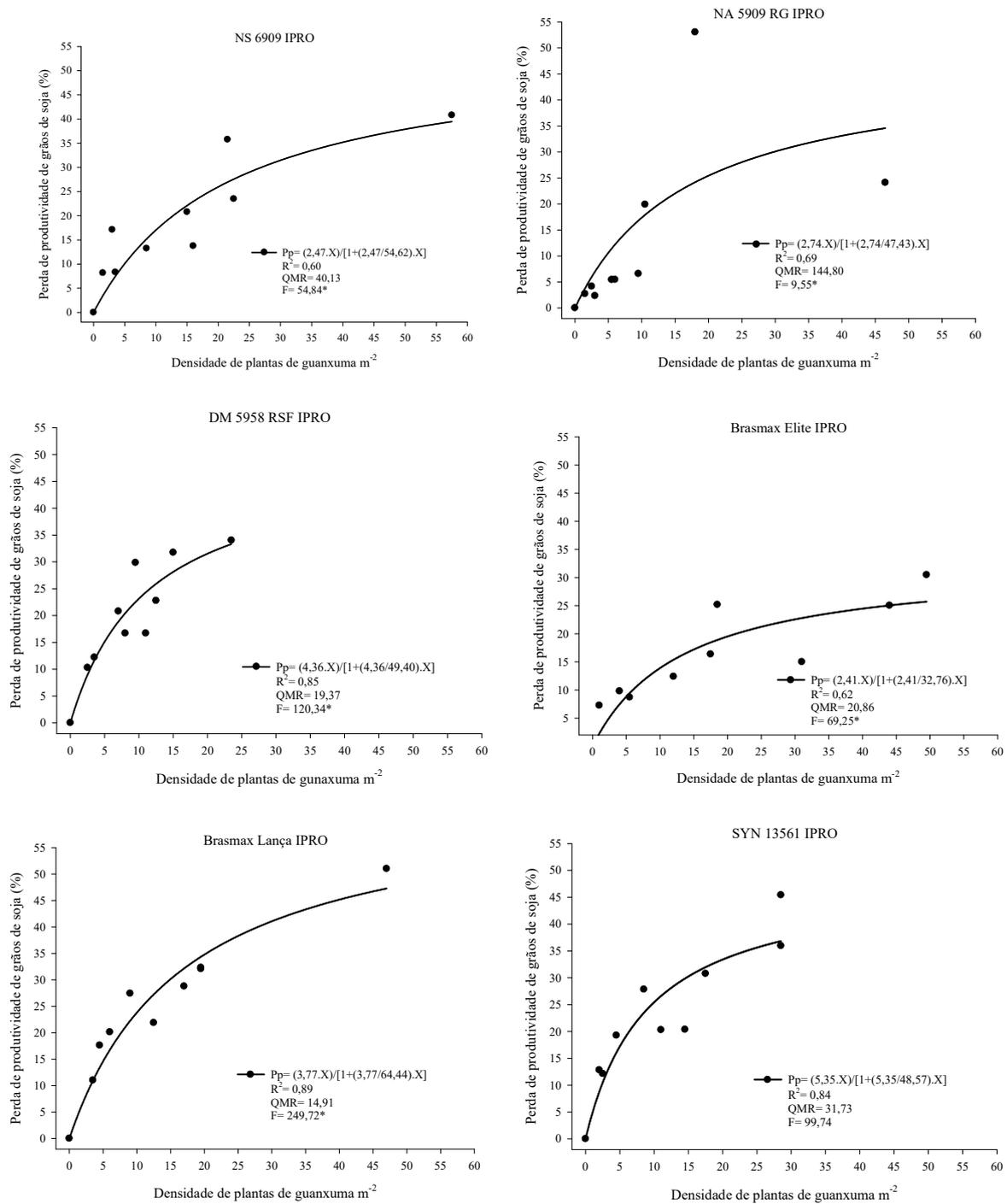


Figura 2. Perda de produtividade (PP) de cultivares de soja em função da densidade de plantas de guanyuma (*Sida rhombifolia*) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

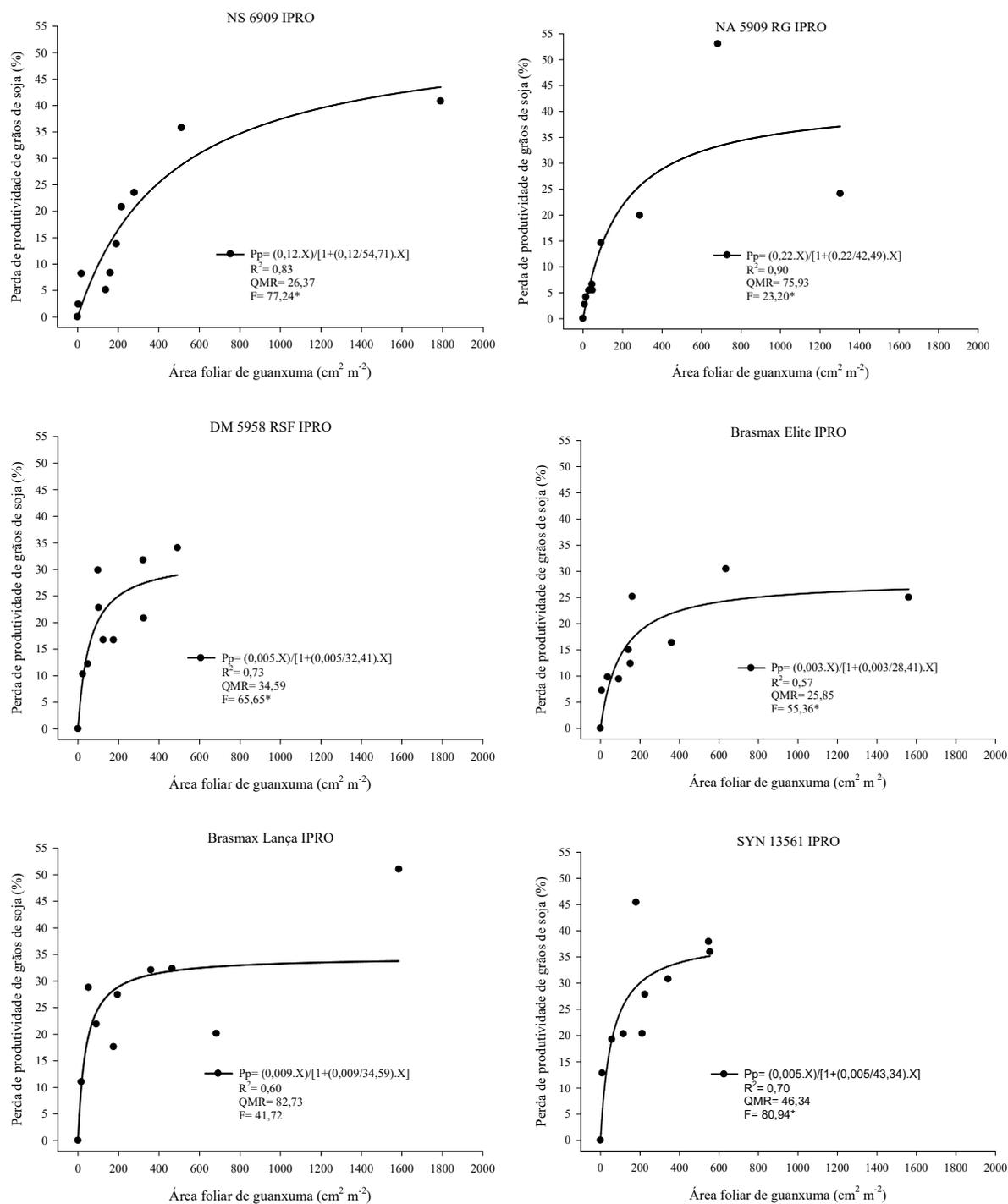


Figura 3. Perda de produtividade (PP) de cultivares de soja em função da área foliar guanxuma (*Sida rhombifolia*) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

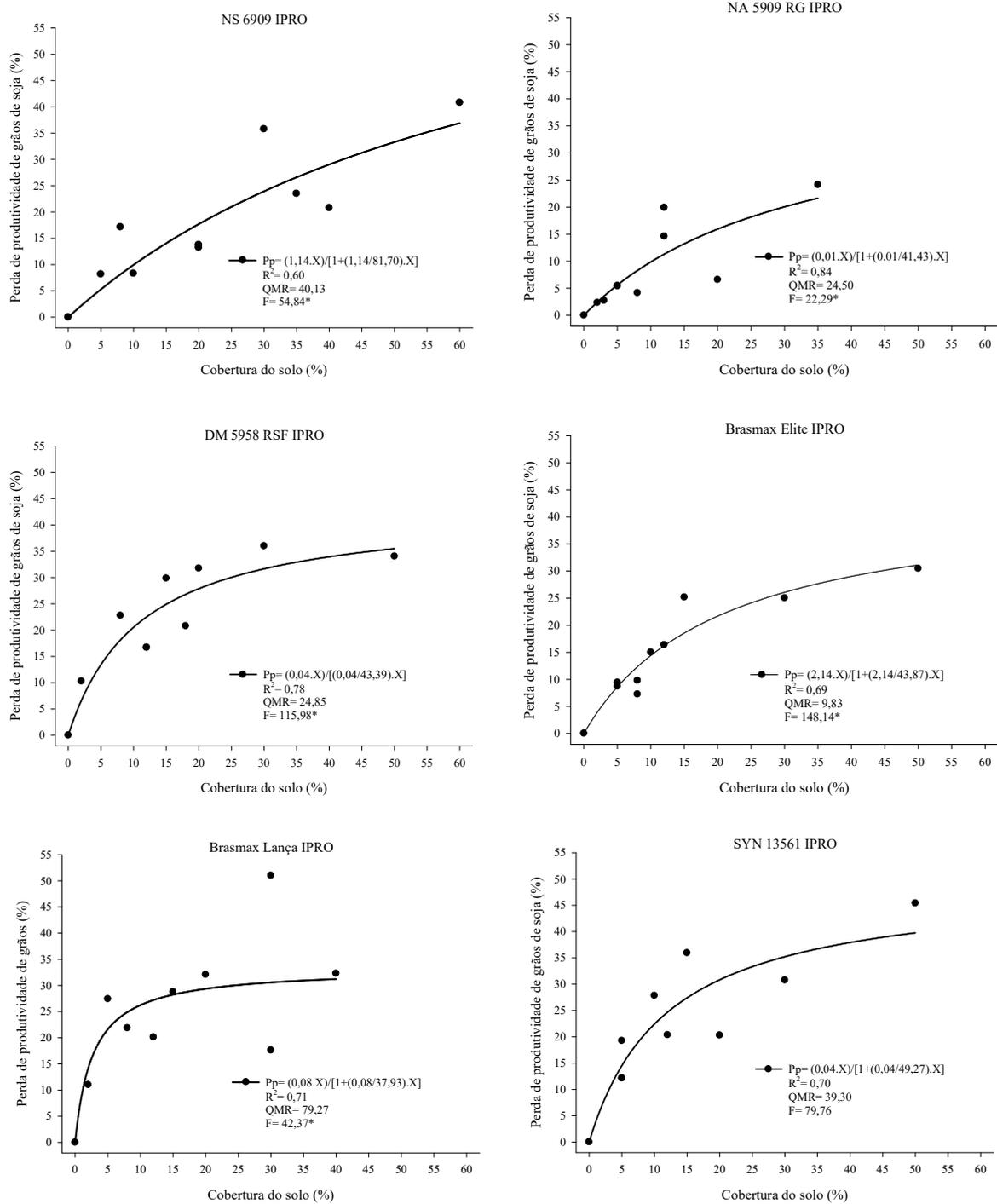


Figura 4. Perda de produtividade (Pp) de cultivares de soja em função da cobertura do solo (%) de guaxuma (*Sida rhombifolia*) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

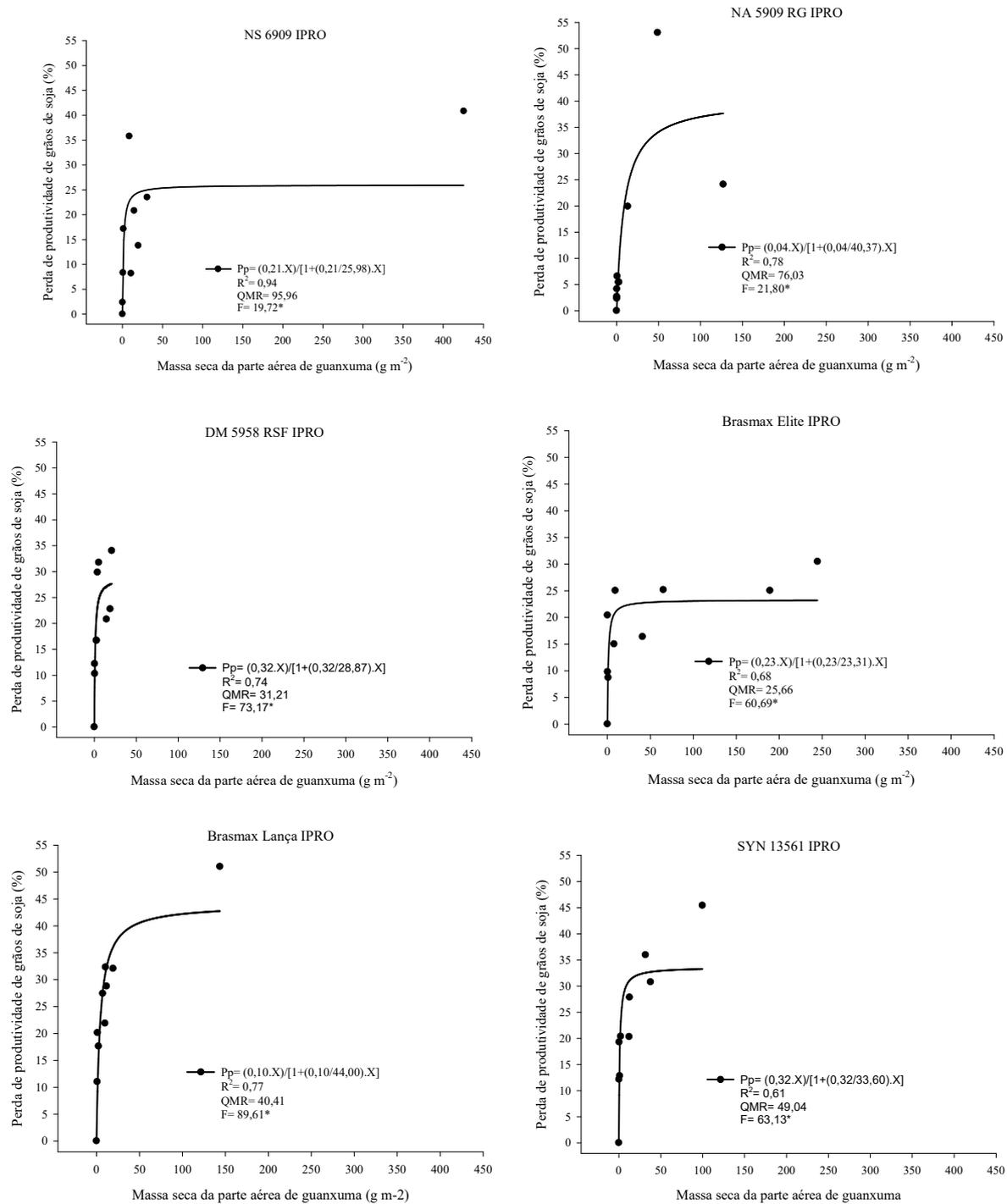


Figura 5: Perda de produtividade (PP) de cultivares de soja em função da massa seca da parte aérea de guanxuma (*Sida rhombifolia*) aos 30 dias após a emergência. UFFS, Erechim-RS. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

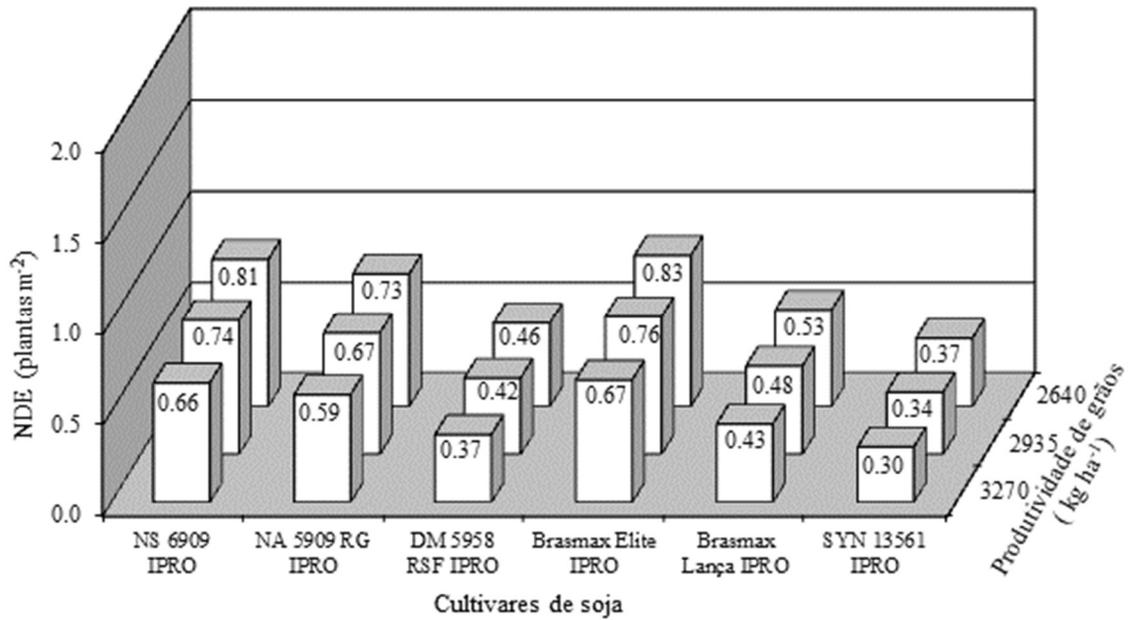


Figura 6. Nível de dano econômico (NDE) de guanyxuma (*Sida rhombifolia*) em função da produtividade de grãos e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS.

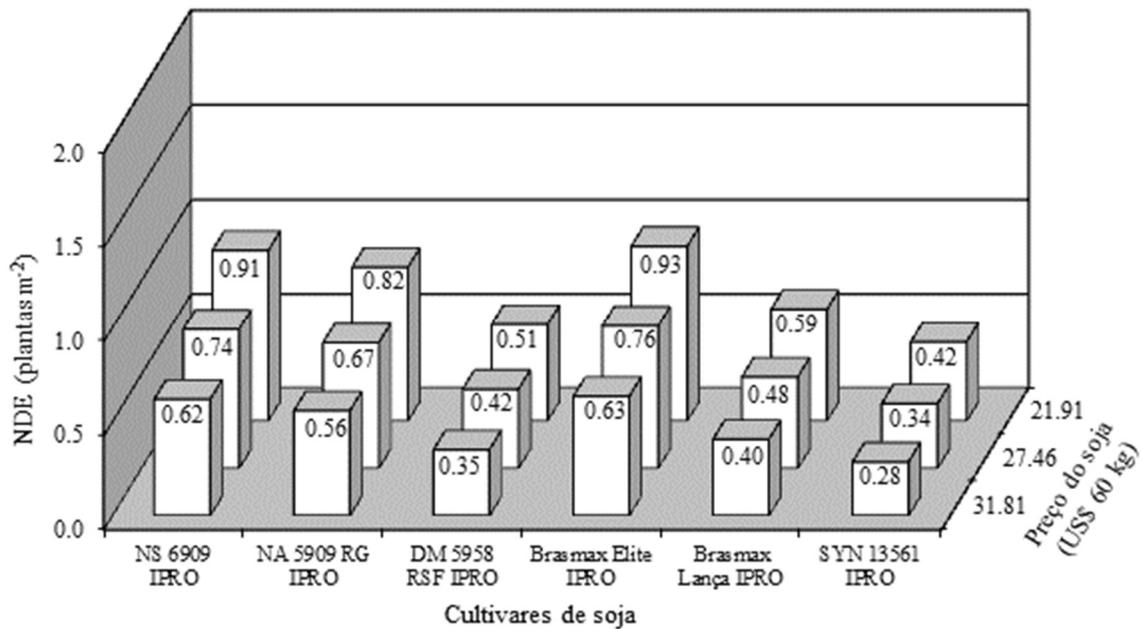


Figura 7. Nível de dano econômico (NDE) de guanyxuma (*Sida rhombifolia*) em função do preço da cultura e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS.

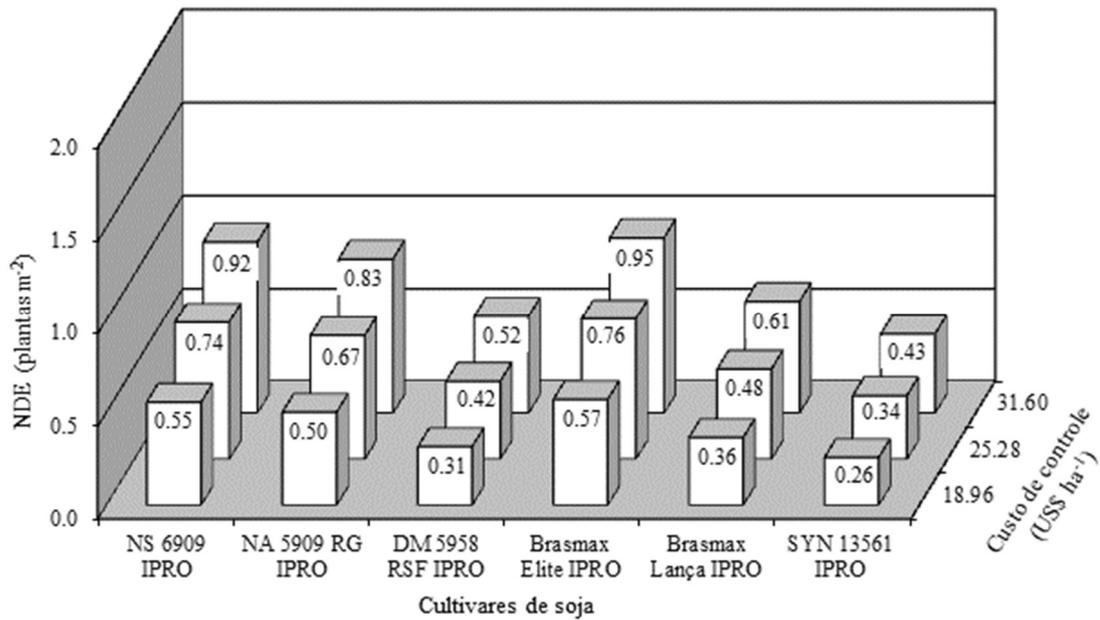


Figura 8. Nível de dano econômico (NDE) de guaxuma (*Sida rhombifolia*) em função do custo de controle e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS.

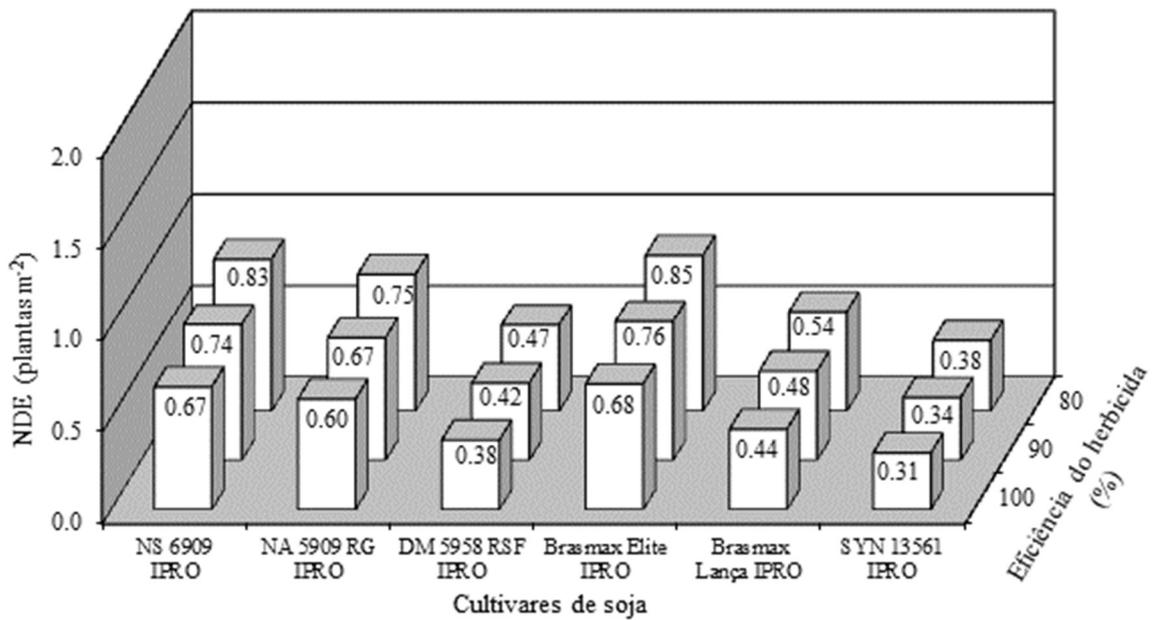


Figura 9. Nível de dano econômico (NDE) de guaxuma (*Sida rhombifolia*) em função da eficiência do herbicida e cultivares de soja. UFFS, Erechim-RS.

5 ARTIGO III - PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PAPUÃ EM CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DA SOJA

Resumo – As plantas daninhas destacam-se por influenciarem negativamente na produtividade de grãos da soja pelo efeito da competição e da alelopatia, além de em muitos casos serem hospedeiras de pragas. Dentre as espécies que infestam a soja, o papuã (*Urochloa plantaginea*) se destaca como uma das plantas daninhas que apresenta elevada habilidade competitiva pelos recursos do meio. Desse modo, objetivou-se com o trabalho determinar os períodos de interferência de papuã, e o efeito dessa planta daninha na morfofisiologia e produtividade da soja. O experimento foi conduzido a campo em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Elite IPRO, sendo os tratamentos separados em dois modelos de interferência: no grupo de “convivência”, a cultura da soja conviveu com o papuã por períodos crescentes de 0, 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência, bem como por todo o ciclo; no grupo de controle, a cultura foi mantida livre da infestação pelos mesmos períodos descritos anteriormente. Aos 42 DAE foram avaliadas as variáveis relacionadas a morfofisiologia das plantas. Não houve efeito dos períodos de controle e de convivência do papuã sobre as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas de soja. A altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, massa seca de plantas e os componentes do rendimento de grãos da soja foram afetadas na convivência com o papuã quando comparado com os tratamentos mantidos livres da competição por todo o ciclo da cultura. O período crítico de prevenção a interferência (PCPI) compreende dos 26 aos 41 DAE.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Urochloa plantaginea*; Habilidade competitiva.

PERIODS OF INTERFERENCE OF ALEXANDER GRASS ON MORPHOPHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF SOYBEAN CROP

ABSTRACT: Weeds are highlighted for affecting soybean grain yield both by competitive and by allelopathic effects, besides being hosts for pests in some cases. Among the weed species affecting soybean, Alexandergrass (*Urochloa plantaginea*) is highlighted as one of the most competitive for environmental resources. In this sense, we aimed with this study to estimate the periods of Alexandergrass interference, as well as its effects, on soybean morphophysiology and grain yield levels. The experiment was conducted in a randomized complete block

experimental design with four replications. The soybean cultivar used was the Brasmax Elite IPRO Elite, and the treatments were separated into two models of interference: in the coexistence group soybean cultivation lived with the alexander grass for increasing periods of 0, 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after the emergency and throughout the cycle; in the control group the culture was kept free of the infestation for the same periods described previously. At 42 DAE, the variables related to plant morphology were evaluated. The variables: plant height, stem diameter, dry mass of plants, leaf area and productivity were negatively affected in the coexistence with the alexander grass when compared to the treatments kept free from competition throughout the crop cycle. Considering the results, it is possible to conclude that the critical period of interference prevention (PCPI) comprises 26 to 41 DAE, the period prior to interference (PAI) was 26 DAE and the total interference prevention period (PTPI) was 41 days.

Key words: Competitive ability; *Glycine max*; *Urochloa plantaginea*; Competitive ability.

Introdução

Possuindo grande importância no agronegócio mundial, a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é cultivada no Brasil em aproximadamente 35 milhões de hectares, sendo o segundo maior produtor com 118 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Devido aos altos teores de proteína e óleo e sua adaptação em várias regiões do Brasil a soja é utilizada em diversos segmentos, na alimentação humana e animal, produção de biodiesel, lubrificantes, sabões, entre outros (Ferreira Jr., 2015; Cruz et al., 2016).

A produtividade da soja está atrelada a fatores genéticos e de manejo, como época de semeadura, fertilidade do solo, densidade e arranjo de plantas e o controle de pragas, principalmente as plantas daninhas (Almeida et al., 2015; Hammer et al., 2018).

Para o crescimento e desenvolvimento adequado da cultura, é necessário que os recursos disponíveis como água, luz, nutrientes e CO₂ não sejam limitados, em especial pela competição com as plantas daninhas (Lamego et al., 2015; Forte et al., 2017; Galon et al., 2019). A competição pelos recursos do meio pode ser determinada como intraespecífica, que ocorre quando há competição entre as plantas de soja, ou pode ser interespecífica, que corresponde a competição entre espécies diferentes o que influencia no crescimento, desenvolvimento e consequentemente na produtividade da cultura (Bastiani et al., 2016).

Em condições de competição, as plantas tendem a aumentar sua estatura, a fim de maximizar a captação de radiação; com o maior crescimento da cultura haverá maior sombreamento das plantas daninhas, com redução no acúmulo de massa seca e na área foliar (Silva et al., 2009a).

O estresse causado pela competição é irreversível, acarretando alterações morfofisiológicas resultando em decréscimo na produtividade (Lamego et al., 2004; Forte et al., 2017).

O papuã (*Urochloa plantaginea*) é encontrado nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Vidal et al., 2010), sendo uma gramínea anual pertencente a família Poaceae, com metabolismo fotossintético C₄, muito agressivo quando em competição (Moreira et al., 2011). Possui capacidade de germinar em diversas condições ambientais e diferentes características de solo (Alford et al., 2005), demonstrando alta eficiência na exploração dos recursos do meio (Galon et al., 2018). Em densidades elevadas a competição exercida pelo papuã pode diminuir em até 50% a produtividade de grãos da soja (Fleck et al., 2002; Silva et al., 2009b).

Para o controle das plantas daninhas infestantes da soja os produtores têm usado basicamente herbicidas. No entanto o uso incorreto dessa ferramenta pode favorecer o surgimento de plantas daninhas resistentes, dificultando o manejo. Tendo em vista que a competição afeta negativamente a produtividade e a qualidade dos grãos, o estudo do efeito da competitividade e da melhor época para o controle das plantas daninhas torna-se fundamental (Schneider et al., 2014).

Para identificar a melhor época para o controle de plantas daninhas infestantes de culturas agrícolas tem-se usados frequentemente os períodos de interferência, conhecidos como anterior a interferência (PAI) - ocorre após a emergência da cultura que convive com densidades de plantas daninhas sem que ocorra prejuízos na produtividade; o período total de prevenção a interferência (PTPI) - ocorre a partir da semeadura na qual a cultura deve ser mantida livre de plantas daninhas, sem que o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de grãos sejam afetados; e o período crítico de prevenção a interferência (PCPI) - que corresponde a diferença entre o PAI e o PTPI que ocorre quando a competição é realmente elevada e que se torna necessário o manejo das plantas daninhas infestantes das culturas (Nepomuceno et al., 2007; Agostinetto et al., 2008; Galon et al., 2019).

Ocorre diferenciação nas respostas morfofisiológicas e de produtividade de grãos da soja em competição com o papuã em função dos períodos de interferência da planta daninha sobre a cultura, do início ao final do ciclo de crescimento e desenvolvimento das espécies ao conviverem em comunidade nas lavouras agrícolas.

Desse modo, objetivou-se com o trabalho determinar os períodos de interferência de papuã, e o efeito dessa planta daninha na morfofisiologia e na produtividade da cultura da soja.

Material e métodos

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da

Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, em sistema de plantio direto na palha, em solo classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Embrapa, 2013).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 3 m de largura (6 linhas espaçadas a 0,50 m) por 5 m de comprimento resultando em área de 15 m². A correção da fertilidade do solo e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura da soja (ROLAS, 2016). Para dessecação da vegetação presente, composta de aveia preta + ervilhaca utilizou-se o herbicida glyphosate na dose de 1335 g ha⁻¹.

A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Elite IPRO, semeada com semeadora/adubadora, na densidade média de 24 plantas m⁻² ou 240.000 plantas ha⁻¹ e adubação de base de 275 kg ha⁻¹ da formulação 02-20-20 de N-P-K. Foram realizados levantamentos populacionais da área experimental para determinar a densidade média das plantas de papuã infestante da soja, sendo constatando na média 170 plantas m⁻².

A precipitação pluvial e a temperatura média diária no decorrer do ciclo da soja, ou seja, na condução do experimento estão representadas na Figura 1.

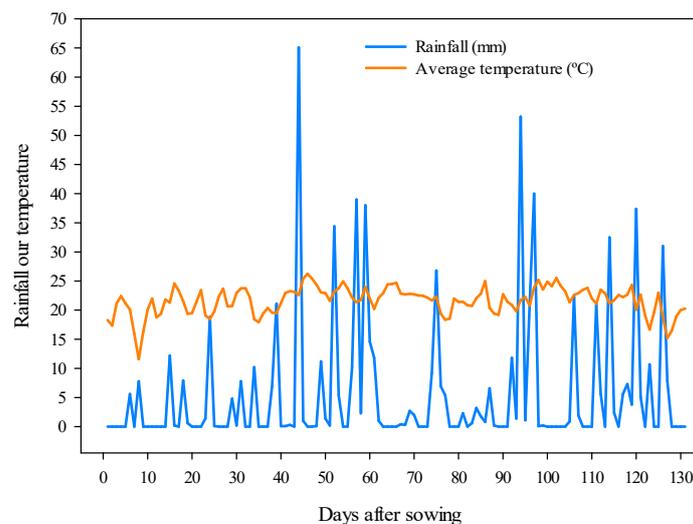


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média diária no período do ciclo da cultura da soja. Passo Fundo. Fonte: Inmet, (2018).

Os tratamentos foram separados em dois modelos de interferência: no primeiro, a cultura da soja conviveu com o papuã por períodos crescentes de 0, 7, 14, 21, 28, 35, 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. Foi utilizado, para a remoção do papuã infestante da soja nos períodos de convivência ou de controle, capinas efetuadas de acordo com os

tratamentos propostos.

As variáveis relacionadas a fisiologia das plantas foram avaliadas aos 42 DAE. Para aferir o índice de clorofila foi utilizado um clorofilômetro portátil modelo SPAD 502 – Plus, determinando-se as medidas em cinco pontos de cada planta nas folhas inferiores, medianas e superiores do dossel. Já a atividade fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), eficiência de carboxilação ($\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e uso eficiente da água ($\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) foram aferidos no terço médio das plantas. A eficiência da carboxilação (EC – $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência do uso da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C_i e A/E , respectivamente. Para isso foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), sendo que cada bloco foi avaliado em um dia, entre sete e dez horas da manhã, de forma que as condições ambientais fossem homogêneas durante as análises.

Avaliou-se ainda as variáveis morfológicas da soja aos 42 DAE, sendo elas: altura de plantas, com uma régua graduada em centímetros, desde a base da planta até o meristema apical; o diâmetro de caule com auxílio de um paquímetro digital, a aproximadamente 5 cm de altura do solo; a quantificação da área foliar com auxílio de um medidor portátil de área foliar modelo CI-203 BioScience, aferindo-se as folhas das plantas em área de $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ ($0,25 \text{ m}^2$) em cada parcela. Após a determinação da área foliar as plantas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* e postas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$, até o material atingir massa constante para aferir-se a massa seca da parte aérea.

Na pré-colheita da soja foram coletadas de modo aleatório cinco plantas para contagem do número de grãos por vagens e de vagens por plantas. Na colheita da cultura determinou-se a produtividade dos grãos de soja, quando esse atingiu 18% de umidade foi colhido manualmente, em área de 3 m^2 . Foram contadas ainda 8 amostras de 100 grãos cada para a determinação da massa de mil grãos (g). Determinou-se a umidade dos grãos e os valores foram corrigidos para 13%, tanto para a produtividade de grãos quanto para o peso de 1.000 grãos. Após a correção da umidade o peso da produtividade de grãos foi extrapolado para kg ha^{-1} .

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em sendo significativos, com exceção da produtividade de grãos, foi aplicado o teste de agrupamento de médias de Scott Knott para avaliar o período de avaliação, dentro de cada modalidade (convivência ou controle). Para avaliar os efeitos dos períodos de convivência e de controle entre o papuã e a cultura, dentro de cada avaliação (DAE), foi aplicado o teste T de Student. Todos os dados foram analisados a $p \leq 0,05$.

Para a determinação dos períodos de interferência foi utilizada a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultura, conforme metodologia proposta por Pitelli e Durigan (1984). Os dados de produtividade, padronizados para 13% de umidade base seca e expressos em kg ha⁻¹, foram submetidos à análise de regressão pelo modelo sigmoidal. Este modelo obedece a seguinte equação logística: $Y = y_0 + \frac{a}{1 + (x/x_0)^b}$ onde: Y= produtividade de grãos, x= número de dias após a emergência da cultura da soja; a= valor máximo da curva; e b= declividade da curva; e x₀= valor de x no ponto médio da curva sigmoide. Com base nas equações de regressão, foram determinados os períodos de interferência de papuã sobre a cultura da soja, subtraindo-se 5% da produtividade máxima estimada nas equações de regressão em relação ao tratamento mantido na ausência de infestação, valor considerado como custo da adoção de controle químico.

Resultados e discussão

As variáveis relacionadas as características fisiológicas das plantas de soja, como índice de clorofila, atividade fotossintética, condutância estomática, concentração interna de CO₂, uso eficiente da água e eficiência de carboxilação não apresentaram efeito significativo da convivência ou do controle com o papuã (dados não apresentados). Para as discussões, as variáveis fisiológicas necessitam de devida cautela, pois representam avaliações pontuais feitas com o equipamento IRGA, que refletem o *status* fisiológico da planta no momento da avaliação, ou seja, um intervalo de aproximadamente 2 minutos. Visto a importância para a competitividade, as variáveis fisiológicas avaliadas pontualmente fornecem apenas evidências da reação das plantas, imposta pelo estresse da competição. Resultado similar ao encontrado no presente estudo também foi relatado por Baldessarini et al. (2019) ao trabalharem com as cultivares de trigo BRS Parrudo e TBIO Sinuelo em competição com azevém diploide e tetraploide, onde não houve diferença em variáveis relacionadas a fisiologia das plantas da cultura ou e das daninhas ao conviverem em comunidade.

Houve diminuição do diâmetro de caule e altura de plantas da cultura conforme o aumento do tempo de convivência entre as espécies (Tabela 1). Para o controle não ocorreu diferenciação em relação a época em que se efetuou a limpeza da lavoura com a eliminação das plantas de papuã, tanto para a altura de plantas de soja quanto para o diâmetro. Esse resultado pode ser explicado pela competição interespecífica que ocorre no ambiente, tendo em vista que as plantas que se estabelecem primeiro no ambiente prevalecem sobre as demais, devido ao maior aproveitamento da água, luz, CO₂ e nutrientes (Pittelkow et al., 2009).

Tabela 1. Efeito dos períodos de convivência ou de controle de *Urochloa plantaginea* (papuã) sobre a altura (cm) e diâmetro de caule (mm) das plantas de soja cultivar Brasmax Elite IPRO Elite IPRO, Erechim/RS.

Período em DAE	Altura de plantas de soja (cm)		Diâmetro de caule de soja (mm)	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	81,75 aA	76,83 aA ¹	9,85 aA ¹	7,04 aB
7	77,58 aA	73,73 aA	9,16 aA	7,47 aB
14	79,52 aA	73,91 aA	9,57 aA	9,32 aA
21	66,14bA	69,58 aA	7,56 bA	7,15 aA
28	72,75 bA	66,17 aA	7,58 bA	8,19 aA
35	70,50 bA	70,33 aA	7,90 bA	7,89 aA
42	68,58 bA	70,99 aA	7,70 bA	8,56 aA
Média Geral		72,74		8,21
C.V.(%)		7,37		13,17

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott e T ($p \leq 0,05$), respectivamente.

A altura de plantas de soja não diferiu ao se comparar os períodos de convivência e de controle (Tabela 3). O fato de não ocorrer diferença na altura de plantas da soja ao se comparar cada período entre si pode estar associado a não escassez desse recurso quando se realizou as capinas na cultura. Esse fato pode ser explicado pelo crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas, principalmente as que emergiram no início do ciclo, suprimindo o desenvolvimento das seguintes e reduzindo a intensidade da competição sobre a cultura (Galon et al., 2018). Esses resultados corroboram em partes aos encontrados por Galon et al. (2018) ao avaliarem os efeitos de papuã e milhã em milho, relatando paralisação na altura das plantas da cultura nos períodos de competição.

Ao se comparar a convivência com o controle para o diâmetro de caule das plantas da cultura em competição com o papuã, observou-se maior valor quando a soja conviveu com a planta daninha aos 0 e 7 DAE (Tabela 3). De acordo com Galon et al. (2011) as plantas cultivadas quando em competição por luz, aumentam o investimento de fotoassimilados na formação de caules mais longos, ou seja, ocorre estiolamento na tentativa de captar mais luminosidade, com menor investimento de energia para o perfilhamento, desenvolvimento de área foliar e de massa seca e crescimento radicular; até mesmo a produtividade de grãos pode ser afetada, pois a planta investe mais energia no órgão que fará com que ela escape à competição e tenha acesso ao maior nível do recurso escasso, em contraponto aos demais. Corroborando com Galon et al. (2011), no presente estudo também ocorreu maior investimento da soja no diâmetro de caule (Tabela 3), área foliar e massa seca da parte aérea das plantas de soja (Tabela 4) quando em convivência com o papuã, comparativamente aos períodos de controle.

Os resultados demonstram que a taxa de acúmulo de área foliar da soja decaiu

proporcionalmente ao tempo em que a cultura conviveu com a planta daninha, chegando a 48% de redução na taxa de acúmulo de massa seca ao se comparar 0 (parcela sempre limpa) contra 42 DAE de convivência (Tabela 4). Em relação ao controle, observou-se que os maiores acúmulos de área foliar ocorreram aos 14 e 35 DAE comparativamente aos demais.

Tabela 4. Efeito dos períodos de convivência ou de controle de *Urochloa plantaginea* (papuã) sobre a área foliar e a massa seca da parte aérea da soja, cultivar Brasmax Elite IPRO. UFFS, Erechim/RS.

Período em DAE	Área foliar de soja (cm ² planta ⁻¹)		Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)	
	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	3159,49 aA ¹	1783,28 bB	19,49 aA1	11,70 aB
7	2033,88 bA	1379,54 bB	12,79 bA	8,44 bB
14	2187,25 bA	2178,78 aA	12,29 bA	15,01 cB
21	1894,24 bA	1633,56 bA	12,74 bA	12,44 aA
28	1991,86 bA	1798,56 bA	12,04 bA	10,44 aA
35	1738,56 cA	2015,11 aA	10,27 bA	14,40 cB
42	1505,96 cA	1556,17 bA	11,05 bA	11,07 aA
Média Geral		1918,51		12,44
C.V(%)		14,02		13,32

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferenciam pelo teste de Scott-Knott e T ($p \leq 0,05$), respectivamente.

Ao se comparar os grupos de convivência e controle, observou-se redução de 56% na área foliar quando a convivência com papuã se mantém por todo o ciclo. Isso ocorre devido a competição pelos recursos presentes no meio, conforme relatado também em pesquisa de Forte et al., (2017). Já foi descrito anteriormente que a cultura sob competição investe maior energia no órgão que mais contribuirá para que ela tenha maior acesso ao recurso escasso.

Percebe-se diminuição proporcional do acúmulo de massa seca da parte aérea com o aumento do tempo de convivência da soja com o papuã (Tabela 4). Esses resultados podem estar ligados a elevada capacidade competitiva das plantas de papuã, em especial pelo seu metabolismo do carbono do tipo C₄, demonstrando assim alta eficiência na exploração dos recursos do meio conforme demonstrado por outros trabalhos (Scholten et al., 2011; Moreira et al., 2011; Galon et al., 2019).

Similarmente à área foliar, também para a massa seca da parte aérea os maiores valores foram observados aos 14 e 35 DAE para os tratamentos do grupo “controle” (Tabela 4). Ressalta-se que a diminuição da capacidade de sombreamento das plantas da cultura confere maior capacidade competitiva às plantas daninhas; em culturas com desenvolvimento inicial rápido, ou onde a planta daninha emerge após a cultura, confere-se grande vantagem

competitiva à espécie cultivada. Se a emergência da planta daninha ocorrer junto com a espécie cultivada, essa pode sofrer efeito da competição (Tironi et al., 2014). O sombreamento, além dos benefícios citados anteriormente, inibe a germinação de plantas daninhas fotoblásticas positivas (Meschede et al., 2004).

Para ambos os grupos, “convivência” e “controle”, houve diferença para o número de vagens planta⁻¹ entre os tratamentos avaliados. Na convivência, a partir dos 28 DAE ocorreu aumento no número de vagens planta⁻¹, e no controle aos 0, 7, 21, 28 e 42 DAE foram relatados os menores números de vagens (Tabela 5). Ao se comparar a convivência e o controle, de maneira geral observou-se que o controle das plantas de papuã aumentou o número de vagens por plantas ao longo do período avaliado, exceto aos 7 e 28 DAE, o que foi atribuído ao acaso e às limitações do método estatístico proposto.

Com relação aos componentes de rendimento de grãos, denotou-se aumento no número de grãos vagens⁻¹ quando o controle do papuã foi efetuado mais tardiamente, contrariamente ao observado no grupo de convivência em que o manejo efetuado aos 7 e 21 DAE foram menores dos que os aplicados mais tardiamente. Ao se comparar os períodos entre si, observou-se que para o grupo controle todas as capinas feitas entre 0 e 42 DAE proporcionaram maior número de grãos por vagens ao se comparar com o grupo de convivência (Tabela 5).

A convivência da soja com o papuã aos 0 DAE afetou negativamente a massa de mil grãos ao se comparar com os demais tratamentos, já que essa época diferiu estatisticamente com menor produção de massa (Tabela 5). A partir dos 7 até os 42 DAE não houve diferenciação entre os tratamentos para o grupo convivência. Já o grupo controle proporcionou as menores massas de mil grãos da soja aos 0 e 35 DAE, sendo os demais períodos iguais entre si. A massa de mil grãos foi maior para todos os tratamentos ao se comparar o grupo controle contra o grupo convivência, demonstrando assim que a soja quando mantida livre da infestação de papuã apresenta maior produtividade. Dados semelhantes foram observados por Barroso et al. (2010), ao constatarem que a massa de mil grãos de feijão foi reduzida quando em competição com caruru e picão preto.

Tabela 5. Efeito dos períodos de convivência ou de controle de *Urochloa plantaginea* (papuã) sobre o número de vagens por planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹ e massa de mil grãos (g) de soja, cultivar Brasmax Elite IPRO. UFFS, Erechim/RS.

Período em DAE	Número de vagens planta ⁻¹	Número de grãos vagem ⁻¹	Massa de mil grãos (g)
----------------	---------------------------------------	-------------------------------------	------------------------

	Convivência	Controle	Convivência	Controle	Convivência	Controle
0	43 bB ¹	49 bA	2,05 bB	2,30 aA ¹	138,97 bB	153,21 bA ¹
7	43 bA	48 bA	2,40 aA	2,40 aA	151,56 aB	160,92 aA
14	41 bB	57 aA	2,27 bA	2,15 bA	152,71 aA	157,38 aA
21	40 bB	50 bA	2,52 aB	2,20 bA	154,68 aA	161,95 aA
28	51 aA	54 bA	2,25 bB	1,82 cA	152,94 aB	163,72 aA
35	50 aB	60 aA	2,17 bA	2,12 bA	156,70 aB	147,83 bA
42	54 aB	45 cA	2,12 bB	2,42 aA	149,50 aB	158,43 aA
Média Geral	49,14		2,23		154,32	
C.V.(%)	7,89		7,26		3,62	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferenciam pelo teste de Scott-Knott e T ($p \leq 0,05$), respectivamente.

Considerando os dados apresentados na Figura 2, relata-se a necessidade de efetuar o controle do papuã até os 41 DAE. O período anterior a interferência (PAI) é de 26 dias após a emergência da cultura (DAE); o intervalo entre 26 e 41 DAE corresponde ao período crítico de prevenção à interferência (PCPI), e o período total de prevenção a interferência (PTPI) é de 41 dias, sendo que as plantas daninhas emergidas após esse período não interferirão na produtividade de grãos da soja ou caso o controle não tenha sido feito até essa fase o dano econômico será inevitável. A interferência causada pelas plantas daninhas sobre as culturas ocasiona prejuízos irreversíveis, comprometendo o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e conseqüentemente afetando os componentes de rendimento de grãos (Silva et al., 2008). Em populações elevadas, a competição exercida pelo papuã pode diminuir em até 50% a produtividade de grãos da soja (Fleck et al., 2002; Silva et al., 2009b).

No presente estudo, ao se comparar o tratamento mantido limpo de papuã contra o que permaneceu em convivência com a cultura, foi observada perda de produtividade de grãos de 35,71% ou de 2.250 kg ha⁻¹ (Figura 2), o que corresponde perda econômica de US\$ 1.182,46. Diante do exposto, fica evidente que o manejo do papuã na cultura da soja deve ser realizado dentro do intervalo preconizado pelos resultados, que é de 26 aos 41 DAE, para evitar elevadas perdas econômicas nas lavouras brasileiras.

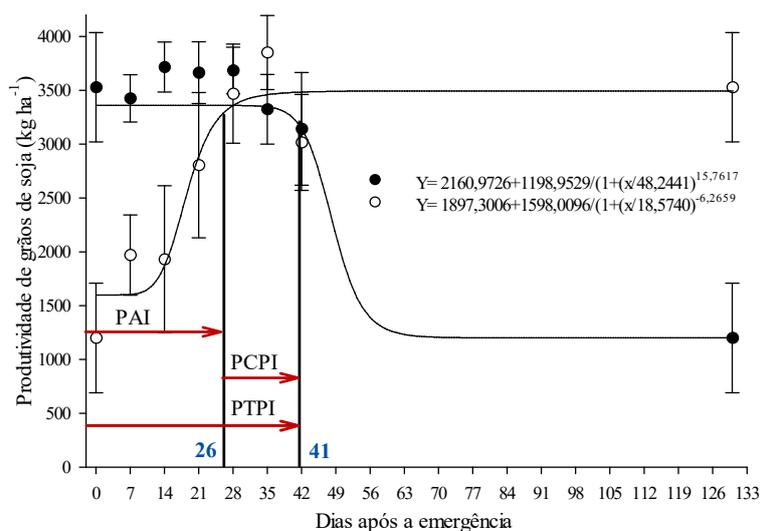


Figura 2. Produtividade de grãos da soja (kg ha^{-1}) cultivar Brasmax Elite, em função dos períodos de convivência (●) e de controle (○) de papuã (*Urochloa plantaginea*). PAI: período anterior a interferência; PTPI: período total de prevenção a interferência e PCPI: período crítico de prevenção a interferência. Barras verticais correspondem ao desvio padrão da amostra. * Significativo a $p \leq 0,05$.

Resultados encontrado por Nepomuceno et al. (2009), demonstraram que o período anterior a interferência de plantas daninhas na cultura da soja para os sistemas de semeadura direta é de 33 e convencional de 34 dias. A diminuição no PAI do presente experimento pode estar ligada a uma boa correção da fertilidade do solo, a ótima distribuição das chuvas e temperatura adequadas (Figura 1), ou mesmo a cultivar de soja semeada o que favoreceu um maior crescimento e desenvolvimento do papuã. Avaliando diferentes níveis de infestação, Silva et al. (2009b) encontraram o PAI para a competição de soja com plantas daninhas de 17 e 11 dias para alta e baixa infestação, respectivamente. Desse modo fica evidente que há diferenças nos períodos de interferência de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região produtora do Brasil, ou mesmo conforme a cultivar semeada, densidades de plantas daninhas, o manejo e os tratos culturais adotados com a cultura.

A definição do PCPI na cultura da soja e em outras culturas é uma ferramenta de extrema importância para a adoção do manejo integrado das plantas daninhas, a fim de se evitarem perdas e uso desnecessário de herbicidas ou mesmo de outros métodos de controle de espécies daninhas. Contudo, a determinação precisa desse período é complexa, pois fatores como época de semeadura e densidade de plantas da cultura; dose e épocas de aplicação de fertilizantes; espécies e densidades de plantas daninhas presentes na área; e características edafoclimáticas e

custo/valor da soja podem influenciar consideravelmente os resultados, ocasionando diferenças em locais e anos distintos.

Conclusões

Devido à competição pelos recursos exercida pelo papuã, nota-se que a altura de plantas, diâmetro de caule, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa seca e massa de mil grãos são negativamente influenciadas, resultando em menor produtividade da cultura da soja.

Não houve efeito significativo da competição do papuã em relação as características fisiológicas das plantas de soja.

O efeito da competição nas plantas da cultura pode ser mais morfológico, enquanto os efeitos sobre a fisiologia e metabolismo vegetal mais ser transientes.

Os períodos de interferência do papuã em competição com a soja foram de 26, 41 e 26 para o PAI, PTPI e PCPI, respectivamente.

A perda de produtividade de grãos da soja foi de 35,71% ou de 2.250 kg ha⁻¹ ou de US\$ 1.182,46 quando a soja permaneceu infestada pelo papuã por todo o seu ciclo.

Referências

- Agostinetto D, Rigoli RP, Schaedler CE, Tironi SP, Santos LS. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. *Planta Daninha*, 2008; 26 (2): 271-278.
- Alford J, Hayes RM, Rhodes GN, Steckel LE. Broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) interference in corn. *Weed Sci*, 2005; 53 (1): 97-100.
- Almeida MO, Matos CC, Silva DV, Braga RR, Ferreira EA, Santos JB. Interação entre volume de vaso e competição com plantas daninhas sobre o crescimento da soja. *Revista Ceres*, 2015; 62 (6): 507-513
- Baldessarini R, Galon L, Vargas L, Müller C, Brandler D, Silva JDG, et al. Morphophysiological responses of wheat cultivars in competition with diploid and tetraploid ryegrass. *Journal of Agricultural Studies*, 2020; 8 (3): 546-568.
- Bastiani MO, Lamego FP, Agostinetto D, Langaro AC, Silva DC. Competitividade relative de cultivares de soja com capim-arroz. *Bragantia*, 2016; 75 (4): 435-445.
- Barroso AAM, Yamauti MS, Alves PL da C A. Interferência entre espécies de planta daninha e duas cultivares de feijoeiro em duas épocas de semeadura. *Bragantia*, 2010; 69 (3): 609-616.
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Soja - Brasil. Série Histórica de: área, produtividade e produção. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: Maio. 03,

2020.

Cruz SCS, Sena-Junior DG, Santos DMA, Lunezzo LO, Machado CG. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2016; 3 (1): 1-6.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Brasília, DF). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 154p.

Ferreira Jr. JA, Trevisoli SHU, Espíndola SMCG, Vianna VF, Mauro AOD. Diversidade genética em linhagens avançadas de soja oriundas decruzamentos biparentais, quádruplos e óctuplos. *Rev. Ciênc Agron*, 2015; 46 (2): 339-351.

Fleck NG, Rizzardi MA, Vidal RA, Merotto Jr. A, Agostinetto D, Balbinot Jr. AA. Período crítico para controle de *Brachiaria plantaginea* em função de épocas de semeadura da soja após dessecação da cobertura vegetal. *Planta Daninha*, 2002; 20 (1): 53-62.

Forte CT, Basso FJM, Galon L, Agazzi LR, Nonemacher F, Concenção G. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. *Agrária*, 2017; 12 (2): 185-193.

Galon L, Bagnara MAM, Gabiatti RL, Reichert Jr. FW, Basso FJM, Nonemacher F, et al. Interference periods of weeds infesting maize crop. *Journal of Agricultural Science*, 2018; 10 (10): 197-205.

Galon L, Tironi SP, Rocha PRR, Concenção G, Silva AF, Vargas L. Competitive ability of barley cultivars against ryegrass. *Planta Daninha*, 2011; 29 (4): 771-781.

Galon L, Rossetto ERO, Fransceschetti MB, Bagnara AM, Bianchessi F, Menegat AD, et al. Interference and economic threshold level of Alexander grass in soybean as a function of cultivars and weed populations. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 2019; 6 (7): 74-81.

Hammer D, Stoltenberg D, Colquhoun J, Conley S. Has Breeding Improved Soybean Competitiveness with Weeds?. *Weed Sci*, 2018; 66 (1): 57-61.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/mapasPrecipitacao>>. Acessado em setembro de 2018.

Lamego FP, Fleck NG, Bianchi MA, Schaedler CE. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja- II. Resposta de variáveis de produtividade. *Planta Daninha*, 2004; 22 (4): 491-498.

Lamego FP, Caratti FC, Reinehr M, Gallon M, Santi AL, Basso CJ. Potencial de supressão de

plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. *Comunicata Scientiae*, 2015; 6 (1): 97-105.

Meschede DK, Oliveira Jr, RS, Constantin J, Scapim CA. Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. *Planta Daninha*, 2004; 22 (2): 239-246.

Moreira HJC. Manual de identificação de plantas infestantes: hortifrúti. São Paulo, SP: FMC Agricultural Products, 2011, 1017p.

Nepomuceno M, Alves PLCA, Dias TCS, Pavani MCMD. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. *Planta Daninha*, 2007; 25 (1): 43-50.

Pitelli RA, Durigan JC. Terminologia para períodos de controle e convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. Resumos. Belo Horizonte: SBCPD, 1984. p.37.

Pittelkow FK, Jakelaitis A, Conus LA, Oliveira AA de, Gil JO, Assis FC, Borchardt L. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja transgênica. *Gl Sci Technol*, 2009; 2 (3): 38-48.

ROLAS-Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

Schneider T, Rockenbach AP, Bianchi MA. Alteração do período anterior à interferência da soja na presença de plantas voluntárias de milho. *Rev Bras Herb*, 2014; 13 (2): 80-87.

Scholten R, Parreira MC, Alves PLCA. Período anterior à interferência das plantas daninhas para a cultivar de feijoeiro ‘Rubi’ em função do espaçamento e da densidade de semeadura. *Acta Sci, Agron*, 2011; 33 (2): 313-320.

Silva AF, Ferreira EA, Concenção G, Ferreira FA, Aspiazu I, Galon L, et al. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. *Planta Daninha*, 2008; 26 (1): 65-71.

Silva AF, Concenção G, Aspiazú I, Ferreira EA, Galon L, Coelho ATCP, et al. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. *Planta Daninha*, 2009a; 27 (1): 75-84.

Silva AF, Concenção G, Aspiazú I, Ferreira EA, Galon L, Freitas MAM, et al. Período anterior à interferência na cultura da soja-RR em condições de baixa, média e alta infestação. *Planta Daninha*, 2009b; 27 (1): 57-66.

Stagnari F, Pisante M. The critical period for weed competition in French bean (*Phaseolus*

vulgaris L.) in mediterranean areas. Crop Prot, 2011; 30(2): p.179-184.

Tironi SP, Galon L, Silva AF, Fialho CMT, Rocha PRR, Faria AT, et al. Época de emergência de azevém e nabo sobre a habilidade competitiva da cultura da cevada. Cienc Rural, 2014; 44 (9): 1527-1533.

Vidal RA, Kalsing A, Gherekhlo J. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. Cienc Rural, 2010; 40 (8): 1675-1681.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados indicam que a competição entre as cultivares de soja na presença de guanxuma ocorreu em todas as proporções de plantas estudadas, independente da variável avaliada. A guanxuma é uma espécie competitiva com a cultura da soja, porém algumas cultivares apresentaram maior habilidade em competir com a planta daninha.

No ensaio conduzido para verificação do NDE foi possível identificar variabilidade genética das cultivares, pois para um grupo de cultivares o NDE foi de até 0,95 plantas m⁻², enquanto para cultivares menos competitivas o NDE maior foi de 0,61 plantas m⁻².

Quando a competição foi para a planta daninha papuã o experimento para determinação do período de interferência foi estabelecido como o período crítico de prevenção a interferência (PCPI), o qual compreende dos 26 aos 41 DAE, o período anterior a interferência (PAI) foi de 26 DAE e o período total de prevenção a interferência (PTPI) foi de 41 DAE.

Quando a soja for infestada pela guanxuma e o papuã práticas de manejo devem ser realizadas para evitar perdas na produtividade de grãos e econômicas devido a competição. Esses trabalhos contribuem para um controle de plantas daninhas mais eficiente, com sustentabilidade e segurança para o agricultor.