

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**A competição com plantas daninhas altera a morfologia, a bioquímica
e o rendimento de grãos da soja**

Ana Paula Rockenbach

Passo Fundo

2018

Ana Paula Rockenbach

A competição com plantas daninhas altera a morfologia, a bioquímica e o rendimento de grãos da soja

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Agronomia.

Orientador:
Mauro Antônio Rizzardi
Coorientador:
Mario Antonio Bianchi

Passo Fundo

2018

CIP – Catalogação na Publicação

- R682c Rockenbach, Ana Paula
A competição com plantas daninhas altera a morfologia, a bioquímica e o rendimento de grãos da soja / Ana Paula Rockenbach. – 2018.
99 f. : il. ; 30 cm.
- Orientador: Dr. Mauro Antônio Rizzardi.
Coorientador: Dr. Mario Antonio Bianchi.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2018.
1. Soja. 2. Ervas daninhas. 3. Plantas - Efeito dos herbicidas. 4. Produtividade agrícola. I. Rizzardi, Mauro Antônio, orientador. II. Bianchi, Mario Antonio, orientador. III. Título.

CDU: 633.34

ATA DE DEFESA DA TESE



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

“A competição com plantas daninhas altera a morfologia, a bioquímica e o rendimento de grãos da soja”

Elaborada por

Ana Paula Rockenbach

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
“Doutora em Agronomia – Área de Produção e Proteção de Plantas”

Aprovada em: 28/03/2018
Pela Comissão Examinadora


Dr. Mauro Antonio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador



Dra. Taísa Dal Magro
Universidade de Caxias do Sul – Campus Vacaria


Dr. Mario Antonio Bianchi
Cooorientador


Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi
Coordenador PPGAgro


Dr. João Leonardo Pires
Embrapa trigo


Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor da Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária, Universidade de Passo Fundo


Dr. Anderson Luis Nunes
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

DEDICATÓRIA



Aos meus pais ILSE e DARCICIO pela vida, amor, educação, apoio incondicional,
meus exemplos de sabedoria e humildade!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela proteção, sabedoria, serenidade, saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais Ilse e Darcicio pelo apoio e amor incondicional, por serem fonte inspiradora na minha formação e por serem exemplo de persistência e humildade. Pelas palavras de apoio, conforto e incentivo quando achava que nada iria dar certo e de que os acontecimentos eram injustos. Por me ensinarem a ter asas e não raízes!!!

Aos meus irmãos Luis, Neusa e Salete, aos cunhados Mara, Paulo Sérgio e César pelo apoio em toda a minha formação acadêmica, pelos momentos bons e ruins compartilhados, pelo apoio e amor incondicional. Por tantas vezes serem “psicólogos” me ajudando a superar as dificuldades impostas pelo caminho escolhido.

Aos meus sobrinhos Pedro, Laura, Bruna e Bruno pelos momentos de diversão, pelo carinho e pelo amor, por tantas e tantas risadas cheias de sentimentos verdadeiros, vocês são meus filhos de coração!

Ao PPGAgro e a Universidade de Passo Fundo pela oportunidade de realização do doutorado, nesta instituição de grande relevância regional e nacional. Tenho orgulho de ter escrito parte de minha história aqui! A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor Dr. Mauro Antônio Rizzardi pela orientação e apoio durante o período do doutorado, pela amizade, pelos ensinamentos e pela disponibilidade de orientar. Por abrir as portas de seu Laboratório, com confiança e seriedade, para uma jovem Mestre, muito obrigada por tudo neste período!

Ao professor Dr. Mario Antonio Bianchi pela coorientação durante este período, mas acima disso, por ter sido a fonte inspiradora da escolha da ênfase no doutorado. Quero também lhe agradecer, por desde a graduação me coorientar e auxiliar na vida profissional. Admiro sua humildade e carisma.

Ao professor Dr. Anderson Luis Nunes que mesmo conhecendo a pouco tempo, sempre se disponibilizou a me ajudar e coorientar. Muito obrigada por mostrar que a humildade ainda vale a pena!

Aos professores e membros da banca Dr. Mauro Antônio Rizzardi, Dr. Mario Antonio Bianchi, Dr. Anderson Luis Nunes, Dr. Taísa Dal Magro e Dr. João Leonardo Fernandes Pires pela disponibilidade de participar da banca de defesa do doutorado e por todas as contribuições para a melhoria da tese.

Aos colegas de laboratório Theodoro Schneider, Sabrina Peruzzo, Kátia Trevisan, Junior Sartori, Mauricio Tres e Tiago Demartini pela companhia, pelo auxílio na condução dos experimentos e por tantos momentos bons e ruins compartilhados.

As amigas e colegas de doutorado Crislaine Suzana, Jéssica Rosset Ferreira e Victória Bertagnolli amigas, companheiras de café, “Em meio a complicações de experimentos que as vezes dão certo e que muitas vezes dão errado, ao estresse da qualificação, ao cansaço das aulas, a falta de tempo, elas são a calma!”

As amigas e colegas de pós-graduação Adriana Favaretto, Jossana Santos e Kassiana Kehl quantas e quantas conversas e áudios de Whatsapp, encontros que sempre foram regados de tanta amizade e companheirismo, vocês foram essenciais nesta fase tão importante e tão complexa. Em especial à Adriana Favaretto, por dividir de perto todas as angústias de experimentos e avaliações que não davam certo, da dificuldade da escrita, dos prazos encerrando, da dificuldade do template, das dificuldades da vida neste período, enfim, obrigada por ser esta super amiga que quero levar para toda a vida!

Aos colegas do PPGAgro Mariele Müller, Júlia Schneider, Andreia Caverzan, Bianca Moura, Cátia Klein, Laura Tres, Jonas Manica, José Chiomento, Rosiani da Costa muito obrigada pela amizade e coleguismo.

As colegas de pensionato Daniela Simon, Fernanda Menin, Iara Trevizan e Larissa Ghissoni pelo ombro amigo, por tantos momentos de alegria, mas também pelos momentos de tristeza, que nos quais, vocês foram essenciais na volta por cima! Que nossa amizade perdure para sempre! Em especial a Larissa, por ter se tornado minha melhor amiga durante este período, agradeço sempre pelo ombro amigo e pelas palavras de consolo, apoio e incentivo! Agradeço-te imensamente!

A todos amigos feitos nesta etapa, alguns de longe outros de perto, alguns amigos de festa outros de estudo, muito obrigada pelos momentos em que compartilhamos alegrias e tristezas, mas acima de tudo por terem cruzado meu caminho.

Aos professores e colegas do PPGAgro pelos ensinamentos e momentos compartilhados. Em especial, aos professores Dr. Walter Boller e Dr. Carlos Alberto Forcelini por serem seres iluminados, queridos e amigos! Muito obrigada pela amizade!

Aos funcionários do CEPAGRO em especial ao Sebastião, Paulo e Jonas por estarem sempre disponíveis a ajudar. As secretárias do PPGAgro Patrícia Rizzardi e Danieli Dall'Agnol por toda a atenção e amizade. Ao Paulo pela ajuda na colheita e na cedência do laboratório.

Aos integrantes do Laboratório de Ecofisiologia José, Rosiani, Nicolas e a professora Dra. Eunice Calvete pela cedência do equipamento e pela ajuda na realização das análises de raízes. As integrantes do Laboratório Multiveg Adriana, Jossana e professora Dra. Simone Basso, pela cedência do equipamento e pela ajuda na realização das análises de anatomia, em especial a Adriana por me ensinar técnicas de análise anatômica e de metabolismo secundário. A professora Dra. Andrea Sobottka, pela ajuda nas análises de metabolismo secundário e pela cedência dos laboratórios no curso de Farmácia.

Enfim, obrigada a todos que cruzaram meu caminho neste período... sinto-me feliz, honrada e realizada pelas escolhas que fiz e por não desistir de meus sonhos e objetivos. A palavra que define todo este sentimento... *GRATIDÃO!!!*

EPIGRAFE

“A vida é bela como a mais ensolarada manhã, mas dissipa-se sutil e lentamente quando o sol se despede do dia. A inexprimível brevidade da vida nos recomenda a sabedoria.

Mas a sabedoria de um ser humano não está em quanto ele sabe, mas no quanto tem consciência de que não sabe!

Não está em sua eloquência, mas na sua capacidade de ouvir o inaudível!

Não está em proclamar seus diplomas, mas em se declarar um eterno aprendiz, um ser humano em construção!

Não está em colocar acima dos seus pares, mas em se curvar diante dos outros e dar o melhor de si para fazê-los felizes e plenos, tal qual o homem mais inteligente da humanidade viveu em prosa e verso há 2 mil anos!”

Augusto Cury, em “Poder e Alta Performance de Paulo Vieira”

“Ó Espírito Santo: inspirai-me sempre o que devo pensar, o que devo dizer, como o devo dizer; o que devo calar, o que devo escrever, como devo agir, aquilo que devo fazer...”

RESUMO

ROCKENBACH, Ana Paula. A competição com plantas daninhas altera a morfologia, a bioquímica e o rendimento de grãos da soja. 2018. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

A soja é a cultura de maior importância econômica na região norte do Rio Grande do Sul, seu cultivo está sujeito a uma série de intempéries climáticas, pragas, doenças e plantas daninhas. Dentre estas, as plantas daninhas competem com o cultivo por luz, água e nutrientes. Para tanto, o controle das espécies antes da implantação do cultivo é fundamental, assim, fatores como aplicação sequencial de herbicidas em dessecação e o uso de herbicidas residuais em pré-emergência da cultura, são estratégias de manejo para auxiliar no controle total das espécies e de um novo fluxo de emergência nos estádios iniciais. A falta do controle total, eleva as chances de rebrote de plantas em estádios vegetativos finais e reprodutivos da soja, contemplada neste trabalho como competição tardia. Este trabalho teve como objetivo geral verificar a interferência dos herbicidas de ação residual na pré-emergência da soja sobre o período anterior a interferência (PAI) e se há interferência da competição tardia de plantas daninhas na morfologia, bioquímica, anatomia, e no rendimento de grãos e componentes da soja. Para tanto, conduziram-se cinco experimentos de campo e um de casa de vegetação na Universidade de Passo Fundo (UPF) em Passo Fundo/RS, e em área comercial em Chapada/RS durante o período de outubro de 2015 a abril de 2017. Para avaliação da interferência dos herbicidas de ação residual na pré-emergência da soja sobre o PAI, conduziu-se dois experimentos a campo testando os herbicidas diclosulam e flumioxazina sobre as cultivares NA 5909 RG e P 95R51. Para a avaliação da interferência da competição tardia de plantas daninhas na soja, conduziram-se quatro experimentos de campo e um de casa de vegetação, testando períodos de convivência e densidades entre a soja e a planta daninha, onde utilizou-se como planta daninha o milho e a buva (*Conyza* spp.), sobre os caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos, de raiz e parte aérea, e no rendimento e componentes da soja. O uso dos herbicidas de ação residual diclosulam e flumioxazina aumentam o PAI de cultivares de soja NA 5909 RG e P 95R51 em áreas infestadas principalmente com buva e nabo. A competição da emergência da cultura até o estádio V6 afeta os caracteres morfológicos de parte aérea e raiz, e a constituição bioquímica de raízes de soja. A introdução de plantas daninhas em estádios V3, V6 e R2 não altera negativamente os parâmetros avaliados. A constituição anatômica não é modificada perante os períodos de convivência com plantas daninhas. O milho que se desenvolve após o estádio V4 da soja, e plantas de buva rebrotadas durante o cultivo não alteram negativamente o metabolismo secundário, o rendimento de grãos e os componentes de rendimento da cultura. Os teores dos metabólitos secundários, fenóis totais, flavonoides e saponinas aumentam com o acréscimo da densidade de plantas de buva (*Conyza* spp.). O rendimento de grãos e os componentes de rendimento total de legumes e total de grãos, são reduzidos quando em competição com distintas densidades de buva (*Conyza* spp.).

Palavras-chave: 1. Períodos de interferência. 2. Densidade. 3. Metabolismo secundário. 4. Sistema radicular. 5. Rendimento.

ABSTRACT

ROCKENBACH, Ana Paula. The competition with weeds changes the morphology, biochemistry and grain yield of soybean. 2018. 99 f. Thesis (Doctor in Agronomy) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

Soybean is the most economically important culture in the northern region of Rio Grande do Sul, its cultivation is subject to a series of weather changes, pests, diseases, and weeds. Among these, weeds compete with cultivation by light, water and nutrients. Considering this, the control of the species before the deployment of the crop is fundamental, thus, factors such as sequential application of desiccating herbicides and the use of residual herbicides in pre-emergence of culture are management strategies to assist in the total control of the species and of a new emergence flow in the initial stages. The lack of total control elevates the chances of plants resprouting in final and reproductive vegetation stages of soybeans, contemplated in this work as late competition. The general objective of this work was to verify the interference of residual action herbicides in the pre-emergence of soybean on the previous period to interference (PPI) and if there is interference of late competition of weeds in morphology, biochemistry, anatomy, grain yield, and components of soybean. For this reason, five field experiments and one greenhouse experiment were conducted at the University of Passo Fundo (UPF) in Passo Fundo/RS, and in commercial area in Chapada/RS during the period from October 2015 to April 2017. For the interference assessment of residual action herbicides in the pre-emergence of soybean on the PPI, two field experiments were conducted testing the herbicides diclosulam and flumioxazine on the cultivars NA 5909 RG and P 95R51. For the interference assessment of late weed competition in soybean, four field experiments and one greenhouse experiment were conducted, testing coexistence periods and densities between soybean and weed, where corn and horseweed (*Conyza* spp.) were used as weeds on morphological, biochemical and anatomical characters of root and aerial part, and on the yield and components of soybean. The use of the residual action herbicides diclosulam and flumioxazine increases the PPI on soybean cultivars NA 5909 RG and P 95R51 in infested areas mainly with horseweed and turnip. The emergence of the culture competition to the stage V6 affects the morphological characters of aerial and root part, and the biochemical constitution of soybean roots. The introduction of weeds in stages V3, V6 and R2 does not negatively alter the evaluated parameters. The anatomical constitution is not modified during the periods of coexistence with weeds. The corn that develops after the stage V4 of soybean, and resprouting horseweed plants during the cultivation do not negatively alter the secondary metabolism, the grain yield and the components of crop yield. The contents of the secondary metabolites, total phenols, flavonoids and saponins increase with horseweed density addition (*Conyza* spp.). The grain yield and components of total vegetable and grain yield are reduced when competing with different horseweed densities (*Conyza* spp.).

Key words: 1. Interference periods. 2. Density. 3. Secondary metabolism. 4. Root system. 5. Yield.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
3	CAPÍTULO I	26
3.1	<i>Resumo</i>	26
3.2	<i>Introdução</i>	26
3.3	<i>Material e Métodos</i>	28
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	30
3.5	<i>Conclusões</i>	36
4	CAPÍTULO II	37
4.1	<i>Resumo</i>	37
4.2	<i>Introdução</i>	37
4.3	<i>Material e Métodos</i>	39
4.4	<i>Resultados e Discussão</i>	42
4.5	<i>Conclusões</i>	53
5	CAPÍTULO III	56
5.1	<i>Resumo</i>	56
5.2	<i>Introdução</i>	56
5.3	<i>Material e Métodos</i>	58
5.4	<i>Resultados e Discussão</i>	63
5.5	<i>Conclusões</i>	75
6	CAPÍTULO IV	76
6.1	<i>Resumo</i>	76
6.2	<i>Introdução</i>	76
6.3	<i>Material e Métodos</i>	78
6.4	<i>Resultados e Discussão</i>	81
6.5	<i>Conclusões</i>	86
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
8	CONCLUSÃO GERAL	89
	REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a cultura de maior importância econômica no estado do Rio Grande do Sul. A área semeada e o rendimento de grãos aumentam a cada ano, resultado de grandes investimentos em pesquisa e inovações tecnológicas que possibilitam o cultivo em áreas denominadas anteriormente como impróprias e que aumentam significativamente a produtividade por área. O cultivo, no entanto, está sujeito a inúmeras intempéries climáticas, pragas, doenças e plantas daninhas que prejudicam o rendimento potencial da cultura.

Neste sentido, pode-se afirmar que as plantas daninhas são responsáveis por grande parte das perdas, pois competem por luz, água e nutrientes. Muitas são as plantas daninhas que competem com a soja, dentre as quais, guanxuma (*Sida* spp.), milhã (*Digitaria* spp.), papuã (*Urochloa plantaginea*), picão preto (*Bidens pilosa*), corda-de-violão (*Ipomoea* spp.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), acompanhadas de buva (*Conyza* spp.), capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e milho (*Zea mays*) que se tornaram atualmente as principais plantas daninhas na soja, oriundas das más práticas de manejo adotadas e da resistência aos herbicidas. Além destas, é possível observar atualmente que o nabo (*Raphanus* spp.), capim-rabo-de-burro (*Andropogon bicornis*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) também têm se tornado importantes plantas daninhas nos cultivos de soja.

O controle das plantas daninhas requer atenção especial antes da implantação das culturas comerciais, pois, este deve ocorrer de maneira eficiente com intuito de impedir a interferência logo após a emergência do cultivo. Para tanto, as aplicações de herbicidas em pré-emergência da cultura devem ser realizadas com herbicidas que proporcionem o controle total das espécies e possibilitem ação residual de solo com a finalidade de controlar novos fluxos de emergência. É sabido que, se a competição ocorrer nos estádios

iniciais de desenvolvimento da cultura, o impacto imposto pelas plantas daninhas sobre o rendimento de grãos é alto.

Assim, diante de estudos realizados, foram definidos os períodos de interferência que compreendem o período anterior à interferência (PAI), o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) e o período total de prevenção à interferência (PTPI). Logo, estes definem o período em que a cultura pode conviver com as plantas daninhas, sem que haja redução no rendimento (PAI), e o período em que a cultura deve permanecer sem a presença de plantas daninhas, para que o rendimento não seja prejudicado (PCPI) e a soma destes resulta no PTPI.

Teoricamente, as plantas daninhas que se desenvolvem após o PTPI, não prejudicam o rendimento da cultura. Porém, atualmente, a ausência de práticas de manejo como a adoção do sistema plantio direto, controle total das plantas daninhas antes da semeadura da cultura, e a ausência do uso de herbicidas com ação residual no solo, elevam as chances de rebrote das plantas, principalmente as perenizadas, e a emergência de um novo fluxo de plantas daninhas.

Com o avanço da ontogenia da soja, as folhas superiores das plantas, por meio de uma característica melhorada geneticamente, em horários mais quentes do dia, permanecem em posição vertical com intuito de diminuir a perda excessiva de água, e assim possibilitam maior entrada de luz no dossel vegetativo. Esta luz incide sobre as plantas daninhas que não foram totalmente controladas antes da semeadura da cultura e estimulam a retomada do crescimento, o que faz com que plantas daninhas, como a buva, por exemplo, retomem o crescimento e se sobressaiam em altura à cultura, competindo por recursos do meio e alterando a qualidade e quantidade de radiação solar disponível. Neste trabalho esta competição foi denominada como “competição tardia”.

A competição tardia acontece em estádios vegetativos finais e reprodutivos, fora dos períodos tradicionalmente conhecidos como períodos de interferência, por isso a ocorrência não é considerada importante. Todavia, esta pode alterar os caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos, e o rendimento de grãos e seus componentes, e

estar despercebida devido aos estudos já realizados e que afirmam apenas interferência em estádios iniciais. Frente a tal situação, os problemas desta pesquisa são: saber se a utilização de herbicidas de ação residual, na pré-emergência da cultura da soja altera os períodos de interferência e se é variável de acordo com o herbicida utilizado; e, saber se há interferência na soja, decorrente da competição tardia de plantas daninhas, nos caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos, e no rendimento de grãos e seus componentes, e se esta é variável de acordo com o período em que a competição ocorrer, com a densidade da cultura e da planta daninha.

Justifica-se o presente trabalho pela necessidade de fomentar a importância do uso de herbicidas residuais no controle de plantas daninhas, a ampla ocorrência de plantas daninhas em competição tardia com a soja, e pela falta de estudos que considerem tal situação. Assim, pretende-se investigar as alterações necessárias nos períodos de interferência atualmente utilizados. O trabalho criará subsídios para estimar alterações no PAI decorrentes da aplicação de herbicidas com ação residual em pré-emergência; e alterações nos caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos na soja, decorrentes da competição tardia, e que podem estar ligadas as reduções e alterações no rendimento de grãos e seus componentes, o que modifica a contextualização utilizada atualmente para a definição dos períodos, além de elucidar a importância de práticas de manejo, como o eficiente controle de plantas daninhas em pré-semeadura da cultura e o uso de herbicidas residuais que auxiliam no controle de um novo fluxo de emergência.

As seguintes hipóteses foram atribuídas a este estudo: se a utilização de herbicida de ação residual na pré-emergência da cultura da soja altera os períodos de interferência, e este aumenta o PAI, então torna-se uma estratégia de manejo essencial no controle de plantas daninhas, pois ao permitir um aumento no PAI, quando a cultura entrar no PCPI, as entrelinhas do cultivo estarão fechadas, efetuando controle cultural pelo sombreamento; se a competição tardia em soja varia de acordo com o período em que a competição ocorrer, com a densidade da cultura e da planta daninha, e estas modificarem os caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos, e o rendimento de grãos e seus componentes, então os períodos de interferência conhecidos atualmente devem ser

modificados, passando a considerar a competição que ocorre nos estádios vegetativos finais e nos reprodutivos.

Este trabalho teve como objetivo geral verificar a interferência dos herbicidas de ação residual aplicados na pré-emergência da soja sobre o PAI e se a competição tardia de plantas daninhas altera os caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos, e o rendimento de grãos e componentes de rendimento da soja.

Os objetivos específicos, por sua vez, foram definidos como: avaliar se há alteração no período anterior a interferência (PAI) de cultivares de soja decorrentes da aplicação de herbicidas residuais em pré-emergência; avaliar alterações morfológicas, bioquímicas e anatômicas de raízes de soja em competição com plantas daninhas durante diferentes períodos; avaliar se há alteração no metabolismo secundário e nos componentes de rendimento de grãos da soja submetida a períodos de competição com milho voluntário e rebrotes de buva; e, avaliar se há alteração no metabolismo secundário e nos componentes de rendimento de grãos da soja submetida a interferência de densidades de buva com origem de novo fluxo de emergência e rebrote durante o cultivo da soja.

A estrutura deste trabalho compreende a introdução, onde apresenta-se a problemática, a justificativa, as hipóteses e os objetivos: geral e específicos. O próximo componente do mesmo - Revisão da Literatura – na qual apresentam-se os aspectos conceituais sobre a soja e a competição com as plantas daninhas, diante das principais descobertas sobre o assunto publicadas nas principais revistas científicas da área. No capítulo I apresenta-se e discute-se a influência da aplicação de herbicida residual em pré-emergência no PAI. No capítulo II são apresentadas e debatidas as alterações nos caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos em raízes de soja sob períodos de convivência com a planta daninha. Nos capítulos III e IV evidenciam-se os períodos de convivência entre a soja e a planta daninha, e as densidades de plantas de buva em competição com a soja, respectivamente, no metabolismo secundário e em rendimento de grãos da soja e seus componentes. Na sequência destacam-se considerações finais e a conclusão geral.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A soja é destaque no mercado mundial e é uma das maiores commodities da agricultura brasileira, especialmente devido ao alto teor de óleo e proteína nos grãos, que lhe confere amplo uso na alimentação humana e animal. A produção brasileira na safra 2016/2017 foi de 114,07 milhões de toneladas com uma produtividade média de 3.364 kg/ha (CONAB, 2018). O estado do Rio Grande do Sul ocupa o terceiro lugar em produção no país com 18,72 milhões de toneladas na safra 2016/2017 com produtividade média de 3.082 kg/ha (CONAB, 2018).

O cultivo da soja passou por grandes mudanças nos últimos anos, principalmente devido ao aumento no rendimento potencial das cultivares modernas, a maior incidência de doenças, novos insetos pragas e ao advento de plantas daninhas resistentes a herbicidas. Dentre estes fatores, as plantas daninhas possuem o potencial de competir com a cultura por água, luz e nutrientes e causam grande prejuízo ao rendimento de grãos (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007, p. 6).

A competição das plantas daninhas com as culturas é uma interação negativa, na qual os organismos envolvidos utilizam um recurso em suprimento escasso, o que resulta em prejuízo mútuo ao crescimento. As relações de interferência entre as plantas daninhas e as culturas dependem de fatores como espécie, densidade e distribuição das infestantes, cultivar, espaçamento e densidade da cultura, além das condições de ambiente e o período em que houver a convivência (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007, p. 6).

Dentre estes, os fatores época de emergência, densidade e características da planta daninha determinam o efeito da competição sobre a cultura. De maneira geral, as plantas daninhas que emergem mais tarde em relação a cultura, são menos competitivas em termos de rendimento de grãos das culturas. Quanto a densidade, quanto maior for a

densidade de plantas daninhas maior será o grau de interferência sobre a cultura. E, características da planta daninha como rápido desenvolvimento em estatura e área foliar, alta densidade de raízes, estratégias reprodutivas, entre outras, são importantes na determinação da habilidade competitiva sobre a cultura (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015); além do mais, por serem espécies de ocorrência espontânea, possuem variabilidade genética que lhes garante maior facilidade de adaptação ao ambiente competitivo do que espécies cultivadas (AWAN; CHAUHAN, 2016).

À medida que a emergência das plantas daninhas se antecipa à emergência da cultura, maior é o impacto negativo. Isto decorre, principalmente, por que estas têm prioridade na utilização dos recursos do ambiente e, como consequência, formam plantas com porte mais elevado e com maior potencial competitivo (FLECK et al., 2004). Em geral, quanto maior for o período de convivência maior será o grau de interferência, por isso a importância em conhecer os períodos de interferência para orientar o controle na época correta (PITELLI, 2014, p. 72), possibilitando assim, que a cultura expresse seu máximo rendimento potencial (SILVA et al., 2015). Assim, muitos estudos sobre interferência entre culturas e plantas daninhas destinam-se a identificar os períodos de interferência e, assim, definir o melhor momento para o controle das plantas daninhas, visando evitar perdas no rendimento de grãos da cultura (VIDAL, 2010, p. 8).

Pitelli e Durigan (1984), propuseram uma terminologia para padronizar estes períodos. O período anterior à interferência (PAI) é aquele a partir da emergência da cultura, em que esta pode conviver com a comunidade infestante antes que o rendimento ou outras características sejam alteradas negativamente. O período total de prevenção da interferência (PTPI) ocorre após a emergência, onde a cultura deve se desenvolver livre da presença de plantas daninhas, a fim de que sua produtividade não seja alterada significativamente. As plantas daninhas que se instalarem após o PTPI, não terão mais condições de interferir, de maneira significativa, sobre a produtividade da planta cultivada. O período crítico de prevenção da interferência (PCPI) se localiza entre os limites máximos dos outros dois períodos citados anteriormente.

O PCPI se caracteriza pela obrigatoriedade de controle das plantas daninhas durante a sua vigência (VIDAL, 2010). O PTPI delimita a época em que é necessário manter ação residual de herbicidas aplicados em pré-emergência, ou até que período deve ser mantido o controle por capinas, cultivo ou aplicação de herbicidas pós-emergentes (VIDAL, 2010).

No Brasil, os principais trabalhos sobre períodos de interferência de plantas daninhas com a soja, foram realizados em décadas passadas, cujos resultados obtidos permitiram generalizar como o PCPI o intervalo de 20 a 50 dias após a emergência da cultura. Porém, atualmente, houve uma mudança nas cultivares de soja usadas no Brasil, passando de genótipos de crescimento determinado, ciclo médio a tardio e semeaduras a partir de meados de novembro e durante dezembro, para genótipos de crescimento indeterminado, de grupo de maturidade relativa de 5.0 a 6.5, com concentração de semeadura entre meados de outubro e novembro, além de permitir em alguns locais a segunda safra de verão (STRIEDER et al., 2013). Além disso, aspectos de manejo como o uso de herbicidas com ação residual de solo em pré-emergência da cultura, alteram a constituição de plantas daninhas em pós-emergência da cultura.

Algumas pesquisas relacionadas aos períodos de interferência, têm sido realizadas atualmente. Para a cultivar de soja P 98Y12, o PAI foi de 7 dias, o PTPI de 42 dias, estando o PCPI entre 7 a 42 dias (PEREIRA et al., 2015). Para as cultivares de soja Fundacep 63RR e 59RR, a interferência de 10 e 30 plantas/m² de milho voluntário resultou em PAI de 28 e 42, e de 14 e 28 dias após a emergência (DAE), respectivamente. O que assegura que o nível de interferência também é variável de acordo com a densidade de plantas daninhas e com as características das cultivares (SCHNEIDER; ROCKENBACH; BIANCHI, 2014).

Uma alternativa para o auxílio no controle de plantas daninhas e no aumento do PAI, é a utilização de herbicidas com ação residual no solo nas aplicações em pré-emergência. Além disso, por alterarem o PAI e reduzirem o tamanho e o número de plantas daninhas, proporcionam maior flexibilidade para a época de aplicação do herbicida em pós-emergência (LOPES OVEJERO et al., 2013). Portanto, favorecem a

instalação da cultura livre de competição desde a emergência, o que possibilita o acesso primário aos recursos do ambiente até o fechamento das entrelinhas (PIASECKI; RIZZARDI, 2016).

O benefício destes herbicidas já foi elucidado para algumas espécies, como para o girassol, onde o uso de herbicida em pré-emergência aumentou em média o PAI em 10 dias (KNEZEVIC et al., 2013), bem como para a soja, onde o PAI foi de 43 DAE quando da aplicação de glifosato + chlorimuron-ethyl em pré-emergência, comparado a 29 DAE quando do tratamento somente com glifosato (CARVALHO et al., 2009). Isto ocorre porque os herbicidas residuais têm grande impacto sobre os fluxos iniciais de plantas daninhas nos cultivos agrícolas. Isso pode ser observado quando utilizado em pré-emergência, onde observou-se a média de 20 plantas/m², contudo na ausência destes, a densidade média foi de 63 plantas/m² (SANTOS et al., 2016).

Plantas daninhas presentes ou próximas ao momento de emergência da cultura, tem o potencial de alterar a razão entre vermelho e vermelho distante que circunda a cultura. Assim, ao evitar a luz refletida que apresenta baixa razão entre vermelho e vermelho distante, a cultura apresenta supressão das ramificações, mudanças na partição de biomassa e estiolamento da haste (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012) com finalidade de melhorar a eficiência na captura de radiação (LAMEGO et al., 2015), além de alterações na morfologia do sistema radicial (GAL et al., 2015). A razão vermelho e vermelho distante, refletido da superfície foliar de plantas daninhas, pode ser influenciado pela espécie e fase da planta daninha, e pela distância da daninha do dossel da cultura (CRESSMAN; PAGE; SWANTON, 2011). O período de sensibilidade a luz para a soja, esteve entre os estádios V1 e V3, período semelhante ao PCPI encontrado em experimentos a campo. Logo, a adição de plantas daninhas após V3 teve pouco efeito sobre o crescimento e desenvolvimento da soja (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012).

O estiolamento da haste é um mecanismo de escape em busca de radiação solar de qualidade e quantidade suficiente para restabelecer o equilíbrio energético da planta (LAMEGO et al., 2015), prova disso, é que a competição de plantas daninhas até o estágio

V1 da soja, elevou a altura da cultura em 25% (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012) e 38% (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2011). Esta característica torna-se determinante na relação de parte aérea/raiz das plantas. Exemplo disto, é quando o trigo em competição com trigo e azevém, durante 15 dias após a semeadura, apresentou relação parte aérea/raiz de 0,72 e 0,71 respectivamente, comparados a 0,46, quando sem competição (LAMEGO et al., 2015). Isto ocorre por que quando as plantas estão em competição por radiação luminosa, passam a redirecionar a maior parte dos fotoassimilados para o crescimento da parte aérea, já quando livres de competição, as plantas investem grande parte dos fotoassimilados no desenvolvimento do sistema radicial (LAMEGO et al., 2015).

A capacidade de detectar mudanças na qualidade de luz e sinalizar esta informação para as raízes, é uma estratégia para garantir a sobrevivência das plantas em condição de competição (GAL et al., 2015). A biomassa total do sistema radicial de soja foi reduzida em 36% no estágio V2, seguindo a mesma tendência até o estágio R5, quando em competição (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2011). Características de raiz como o comprimento, área superficial, volume, diâmetro, número de pontas e número de nódulos da soja, são reduzidos quando em competição com plantas daninhas até o estágio V3 (GAL et al., 2015). Além disso, alterações na anatomia da folha de soja podem ocorrer devido ao estresse causada pela competição.

Existem mecanismos que atuam em conjunto para manter os processos bioquímicos e o aparato estrutural da planta, resultando assim, em diferentes graus de organização dos tecidos quando sob estresse (JUNIOR et al., 2009). Em resposta ao estresse causado por altas temperaturas, a soja aumentou a espessura da epiderme, reduziu o diâmetro do estômato e o número e dimensões dos cloroplastos e mitocôndrias (DJANAGUIRAMAN et al., 2011). Ao sofrer estresse por deficiência ou toxidez de manganês, a soja apresentou diferenças estruturais no mesófilo, variando para distintas cultivares (JUNIOR et al., 2009). Quando sob estresse por cádmio, a soja também apresenta diferenças nas estruturas anatômicas da folha e da raiz (CHACA et al., 2014). Assim, estudos que avaliem a estrutura de anatomia radicial e foliar de plantas de soja em competição com plantas daninhas, tornam-se de grande relevância para o meio científico.

Normalmente, os parâmetros utilizados para mensurar os efeitos da competição são variáveis morfológicas das plantas, contudo, poucos são os trabalhos relacionados aos estresses fisiológicos e ao metabolismo secundário das plantas envolvidas na competição (SILVA et al., 2014). Alterações no metabolismo secundário de plantas quando em competição com plantas daninhas já foram evidenciadas na cultura da soja (GAL et al., 2015; SILVA et al., 2014). Em resposta ao estresse causado pela competição com biótipos de buva, a soja aumentou o conteúdo de fenóis totais, o que confirma que a cultura ativou mecanismos de defesa, quando em competição (SILVA et al., 2014), nas raízes, a competição reduziu o teor de flavonoides (GAL et al., 2015). Assim como, para a cultura do milho quando em competição com plantas daninhas, houve redução das antocianinas, um tipo de flavonoide, em comparação ao tratamento livre de competição (AFIFI; SWANTON, 2012). O que afirma que a competição com plantas daninhas causa alterações no metabolismo que podem ser determinantes no desenvolvimento da cultura.

Inúmeros são os componentes do metabolismo secundário da soja, dentre estes estão as saponinas e as isoflavonas. As saponinas são amplamente estudadas devido a ação benéfica na saúde humana (PARK et al., 2016), além de atuarem na defesa de insetos e microrganismos (VIZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010), na soja as *soysaponinas* são as principais representantes (TANTRY; KHAN, 2013). Em cultivares de soja chinesas foram detectados 13 componentes de saponinas incluindo os novos grupos α e β , e os grupos A, DDMP e B (TAKAHASHI et al., 2017), o que afirma que estas são constituintes importantes da soja. A concentração destes compostos é influenciada pela origem dos genótipos, por fatores ambientais como o local e o ano de cultivo, condições ambientais como luz, temperatura, umidade e fertilidade do solo; e, quando avaliadas em sementes, são influenciadas pelo peso destas (KIM et al., 2012).

As isoflavonas são um tipo de flavonóide, que na soja, são afetadas pela origem das cultivares, e, em caso de sementes são afetadas pelo peso destas e por fatores ambientais (KIM et al., 2012). Daidzina, daidzeína, genistina, genisteína e gliciteína são isoflavonóides encontrados em diferentes cultivares de soja (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA 2016; KIM et al., 2012), e em distintas concentrações nos órgãos vegetais, onde a maior concentração é encontrada nos grãos seguidos das folhas (SEO et al., 2017).

As isoflavonas genisteína e daidzeína são as mais abundantes e apresentam efeito anticancerígeno (PEREIRA; CARDOZO, 2012). Assim, se a competição com plantas daninhas reduz o conteúdo destes metabólitos, os benefícios do consumo de soja e seus derivados são comprometidos. Para tanto, constituintes do manejo da cultura da soja, como o controle de plantas daninhas, devem ser realizados de maneira eficaz para que não prejudique os benefícios que esta cultura apresenta.

As alterações na constituição bioquímica das plantas são oriundas de estímulos, que levam a uma rápida indução de produção de metabólitos secundários, que beneficiam a defesa ao estresse e favorecem o seguimento do desenvolvimento das plantas (METLEN; ASCHEHOUG; CALLAWAY, 2009). Mas este seguimento, pode não recuperar totalmente o potencial da cultura em produção de grãos, pois muitos estímulos comprometem o rendimento potencial do cultivo. O rendimento das culturas é definido pela interação entre planta, manejo e ambiente de produção (RIBEIRO et al., 2017). Os altos rendimentos são obtidos quando o genótipo apresenta alto potencial produtivo e capacidade de adaptação ao ambiente combinados com os sistemas de cultivo e manejo exigidos pela cultura (MAUAD et al., 2010).

A competição com plantas daninhas compromete o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e os componentes de rendimento, como o número de legumes em soja, que é o componente mais afetado (LAMEGO et al., 2004; SILVA et al., 2008), assim como, o peso de mil grãos, que chega a redução de 14%, quando a cultura conviver durante todo o ciclo com as plantas daninhas (SILVA et al., 2008). Quando em períodos longos de coexistência, um número menor de legumes por planta é encontrado, o que leva a reduções de rendimento de grãos ao conviver durante todo o ciclo de 52% (SILVA et al., 2015) e 90% (PEREIRA et al., 2015).

As plantas daninhas que emergem anteriormente ou junto com a cultura possuem maior potencial competitivo em relação a cultura (PIASECKI et al., 2018; TIRONI et al., 2014). Exemplo disso, foi quando a soja esteve em competição com o milho emergido dez dias antes, produziu 382% a menos em relação a soja em competição com milho emergido dez dias após a emergência da cultura (PIASECKI et al., 2018), e, na

competição com buva (*Conyza bonariensis*), as maiores reduções no rendimento foram decorrentes da competição iniciada aos 81 e 38 dias antes da semeadura da cultura (TREZZI et al., 2015). Para as plantas daninhas de ocorrência voluntária picão branco (*Galinsoga parviflora*), milhã (*Digitaria horizontalis*), braquiária (*Brachiaria decumbens*), caruru (*Amaranthus retroflexus*), picão preto (*Bidens pilosa*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), entre outras, em competição com soja por todo o ciclo da cultura, observou-se redução no rendimento em 30% (MARANGONI et al., 2013).

Outro fator determinante no potencial de interferência entre plantas, é a densidade de plantas daninhas. A soja ao competir com milho originado de segmentos de espigas, nas densidades de 1, 2 e 4 segmentos/m² apresentou redução de 20, 39 e 68% no rendimento de grãos da cultura, respectivamente (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2016). Bem como, quando a competição ocorreu com espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) nas densidades de 1 e 20 plantas/m², o rendimento de grãos da soja foi reduzida em 26 e 80% respectivamente (PAGNONCELLI et al., 2017). Cultivares de soja em competição com 13,3 plantas de buva/m² reduziram em média 25% o rendimento de grãos (TREZZI et al., 2013). A maior redução em rendimento de grãos da soja ao competir com tiririca foi encontrada na maior densidade da planta daninhas avaliada (DAS; PAUL; YADURAJU, 2014), assim como ao competir com as densidades de 10 e 30 plantas/m² de milho, o aumento da densidade também reduziu significativamente o rendimento de grãos da soja (SCHNEIDER; ROCKENBACH; BIANCHI, 2014).

Assim, com a crescente pressão das plantas daninhas sobre a produção vegetal, a partir da evolução da resistência a herbicidas, têm-se adotado estratégias de manejo integradas para elevar os níveis de controle. Dentre elas, medidas para aumentar a competitividade do dossel da cultura, tais como o aumento da taxa de semeadura e o uso de cultivares mais competitivas (ANDREW; STORKEY, 2017), além do uso de herbicida com ação residual no solo, em pré-emergência, que torna possível retardar o início da competição das plantas daninhas com o cultivo, o que maximiza o desenvolvimento do dossel e o rendimento das culturas (DEWERFF et al., 2014).

3 CAPÍTULO I

Herbicidas residuais aumentam o período anterior a interferência em cultivares de soja

3.1 Resumo

O período em que a competição ocorre é determinante no grau de interferência entre as espécies. O objetivo deste trabalho foi avaliar se há alteração no PAI de cultivares de soja decorrentes da aplicação de herbicidas residuais, em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. No experimento I utilizou-se a cultivar de soja NA 5909 RG e no experimento II utilizou-se a cultivar de soja P 95R51. Nas parcelas principais, três dias antes da semeadura foram aplicados os tratamentos herbicidas paraquate, paraquate + diclosulam, e paraquate + flumioxazina. Nas sub-parcelas alocaram-se os períodos crescentes de convivência da soja com as plantas daninhas de 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da soja. A aplicação isolada do herbicida paraquate apresentou o menor PAI e as maiores reduções no rendimento de grãos quando comparado as associações com herbicidas residuais em ambos os experimentos. A presença do herbicida residual aumentou o PAI, devido aos herbicidas residuais utilizados controlarem os fluxos de emergência iniciais das principais plantas daninhas presentes na área. O uso dos herbicidas de ação residual diclosulam e flumioxazina aumentam o PAI de cultivares de soja NA 5909 RG e P 95R51 em áreas infestadas principalmente com buva e nabo.

Palavras-chave: 1. Períodos de interferência. 2. Pré-emergência. 3. Competição. 4. Plantas daninhas.

3.2 Introdução

As plantas daninhas competem com as culturas por luz, água e nutrientes. O período em que esta competição ocorrer é determinante no grau de interferência entre as espécies (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007, p. 6). Características das plantas daninhas como época de emergência distinta, rápido desenvolvimento de área foliar, alta densidade de raízes, estratégias reprodutivas, alta produção de sementes viáveis, entre outras, são determinantes na habilidade em competir com a cultura (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015).

A época de emergência das plantas daninhas em relação à cultura é determinante na intensidade da competição. À medida que a emergência das plantas daninhas se antecipa à emergência da soja, maior é o impacto negativo sobre as variáveis associadas à cultura (FLECK et al., 2004). Exemplo disto, é o impacto de milho emergido dez dias antes da soja, que proporcionou uma redução de 382% no rendimento em comparação a competição de milho emergido dez dias após a cultura (PIASECKI et al., 2018). Assim, a maioria dos estudos de interferência entre cultura e plantas daninhas destinam-se a identificar os períodos críticos de interferência para definir o momento ideal de controle das plantas daninhas, com vistas a evitar perdas no rendimento da cultura (VIDAL, 2010, p. 8).

Os períodos de interferência são classificados em período anterior a interferência (PAI), período total de prevenção à interferência (PTPI) e período crítico de prevenção à interferência (PCPI). Segundo Pitelli e Durigan (1984) o PAI é aquele a partir da emergência da cultura, em que esta pode conviver com a comunidade infestante antes que sua produtividade ou outras características sejam alteradas negativamente. O PTPI ocorre a partir da emergência, e este deve ser mantido livre da presença da comunidade infestante para que sua produtividade não seja alterada. O PCPI se localiza entre os limites máximos dos períodos citados anteriormente e se caracteriza pela obrigatoriedade de controle das plantas daninhas.

O PTPI delimita a época em que é necessário manter a ação residual de herbicidas aplicados em pré-emergência, ou até que período deve ser mantido o controle por capinas, cultivo ou aplicação de herbicidas pós-emergentes (VIDAL, 2010, p. 10). Atualmente são poucos trabalhos que caracterizam estes períodos. Alterações nas cultivares de soja, como tipo de crescimento e ciclo; e, modificações no manejo, como época de semeadura e uso de herbicidas de ação residual em pré-emergência, caracterizam resposta distinta da cultura frente a competição, o que pode alterar os períodos de interferência. O uso de herbicidas de ação residual caracteriza-se como prática de manejo essencial frente a dificuldades de controle de determinadas espécies, além de evitar um novo fluxo de emergência de plantas daninhas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

Pelo uso dos herbicidas diclosulam e flumioxazina, a hipótese é de que, pelo controle de novos fluxos de emergência de plantas daninhas nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura da soja, os períodos de interferência possam ser alterados. Assim, o PAI aumenta, e possibilita o fechamento das entrelinhas da cultura antes do período crítico, o que desfavorece o desenvolvimento das plantas daninhas no interior do dossel vegetativo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar se há alteração no PAI de cultivares de soja decorrentes da aplicação de herbicidas residuais, em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura.

3.3 Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos a campo no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuário (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo -RS, no ano agrícola 2015/2016, nas coordenadas de latitude de 28° 13' S, longitude de 52° 23' W e altitude aproximada de 700 m acima do nível do mar. O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico (STRECK et al., 2008, p. 40).

O clima da região é caracterizado como sendo subtropical úmido com verão quente (Cfa) pela classificação climática de Köppen. Durante a condução do experimento a precipitação pluviométrica foi de 1365,2 mm, sendo esta superior à normal climatológica para o período, que é de 855,0 mm. A temperatura média do ar, para o período foi de 21,21 °C, estando dentro da normal climatológica de 20,50 °C para estes meses (Figura 1) (EMBRAPA, 2017 ab).

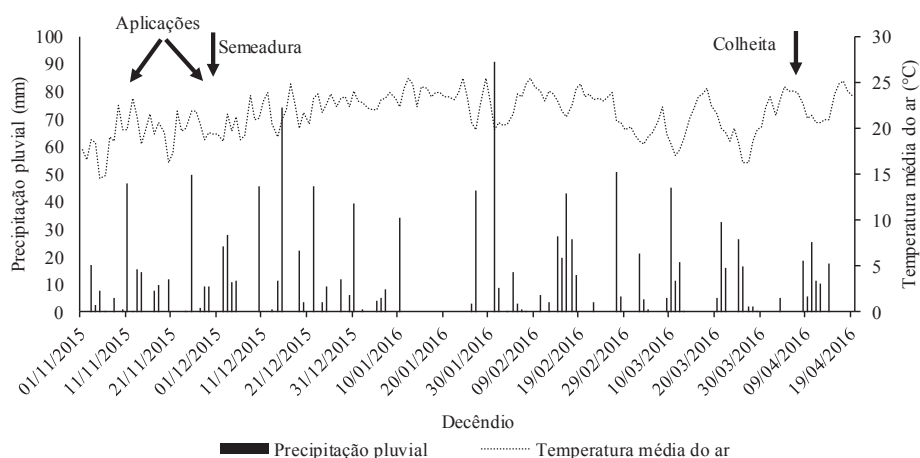
O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub divididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram alocados os herbicidas residuais (testemunha sem herbicida residual, diclosulam e flumioxazina) e nas sub parcelas os períodos crescentes de convivência da soja com as plantas daninhas (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a emergência da soja - DAE), correspondendo aos

seguintes estádios: semeadura, V1, V2, V3, V4, V8, V10, R2 para a cultivar NA 5909 RG; e semeadura, V1, V2, V3, V4, R2, R3, R4 para a cultivar P 95R51. As sub parcelas tiveram como dimensões 5 m de comprimento e 3,5 m de largura.

Vinte dias antes da semeadura, em área total, foi aplicado glifosato + 2,4-D (750 g e.a/ha + 670 g e.a/ha). Nas parcelas principais, um dia antes da semeadura foram aplicados os tratamentos herbicidas paraquate (400 g i.a/ha), paraquate (400 g i.a/ha) + diclosulam (25,2 g i.a/ha) e paraquate (400 g i.a/ha) + flumioxazina (50 g i.a/ha), para garantir a semeadura livre de plantas daninhas (paraquate) e aplicar os tratamentos residuais. O herbicida paraquate caracteriza-se por ação de contato, sem residual de solo e os herbicidas diclosulam e o flumioxazina por ação sistêmica e residual de solo controlando principalmente plantas daninhas de folha larga. Para a definição dos períodos de convivência, ao final de cada período, foram realizadas aplicações de glifosato (750 g e.a/ha) e complementado com arranque manual de plantas daninhas resistentes ao herbicida glifosato, mantendo-se posteriormente sem a presença de plantas daninhas.

A semeadura da soja foi realizada em 01/12/2015 na ausência de plantas daninhas, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e uma população de 280 mil plantas/hectare. No experimento I utilizou-se a cultivar de soja NA 5909 RG e no experimento II utilizou-se a cultivar de soja P 95R51, com ciclo de 110 a 135 e 115 a 120 dias, respectivamente, ambas tolerantes ao herbicida glifosato e de tipo de crescimento indeterminado. A infestação de plantas daninhas era composta principalmente de buva (*Conyza* spp.), nabo (*Raphanus* spp.), picão-preto (*Bidens pilosa*) e corda-de-viola (*Ipomoea* spp). O controle de plantas daninhas poáceas foi realizado com herbicida cletodim (96 g i.a/ha).

Figura 1 - Precipitação pluvial e temperatura média do ar em Passo Fundo – RS no período de condução do experimento. Passo Fundo, 2015-2016



Fonte: EMBRAPA, (2017b).

Antes da colheita foram coletadas dez plantas, na área central de cada parcela, para avaliações dos componentes de rendimento. Avaliou-se os componentes de rendimento: total de legumes, total de grãos e peso de mil grãos. O rendimento de grãos foi determinado através da colheita com colhedora de parcelas de três linhas centrais por 5 metros de comprimento da área útil da parcela, totalizando 6,75m². Após realizou-se a pesagem e determinação da umidade da amostra, e posteriormente a umidade corrigida para 13%.

Para análise do PAI, realizou-se análise de regressão para equação do tipo sigmoidal (três parâmetros), com os modelos matemáticos obtidos por meio do software estatístico Sigma PlotTM v.10.0. Para os componentes de rendimento realizou-se análise de regressão.

3.4 Resultados e Discussão

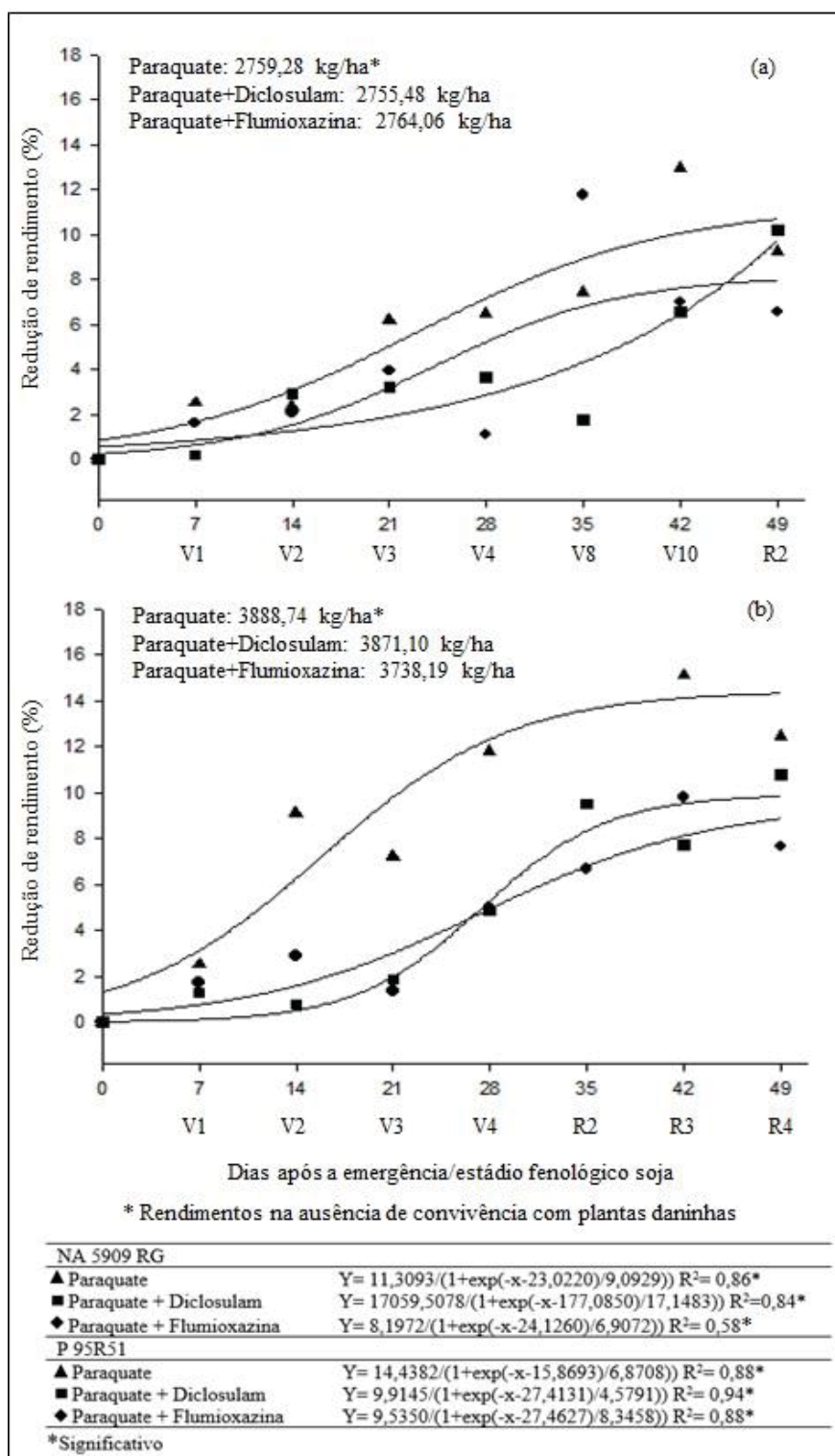
A aplicação isolada do herbicida paraquate apresentou o menor PAI e as maiores reduções no rendimento de grãos quando comparado as associações com herbicidas residuais em ambos os experimentos (Figura 2). O paraquate se caracteriza pela ação de

contato e por não apresentar residual no solo (SENSEMAN, 2007), o que possibilita a emergência de plantas daninhas logo após a aplicação, podendo estas estar bem desenvolvidas no momento em que a cultura estiver no PCPI, resultando em maior potencial de competição. Uma das possibilidades de evitar esta situação, muito comum atualmente, é utilizar herbicidas com ação residual no solo.

A presença do herbicida residual aumentou o PAI devido aos herbicidas residuais utilizados controlarem os fluxos de emergência iniciais das principais plantas daninhas presentes na área (Figura 2). Permitindo que a cultura feche as entrelinhas antes da ocorrência do PCPI, o que intensifica o controle cultural das plantas daninhas pela soja através do sombreamento das plântulas de daninhas e do solo. Aos 42 DAE é possível observar que a interferência no tratamento sem ação residual no solo, apresentou redução média de 15% no rendimento de ambas cultivares, comparados a média de redução 8% no demais tratamentos (Figura 2). Este é um aspecto importante na escolha do manejo de plantas daninhas, pois pelas práticas agrícolas atuais, muitas vezes as plantas daninhas, principalmente as perenizadas, não são totalmente controladas nas aplicações de dessecação e pré-emergência, e estarão competindo com a cultura desde a fase inicial, o que eleva os prejuízos em rendimento, como observado para o tratamento com paraquate.

Estudos que definem os períodos de interferência são planejados para direcionar o melhor momento para controle de plantas daninhas na cultura (SILVA et al., 2015), e variam de acordo com o manejo, cultivar, espécie e densidade da planta daninha. Para a cultivar de soja P 98Y12 o PAI foi de 7 dias (PEREIRA et al., 2015). Já a cultivar BRS Estância RR ao competir com buva resistente ao glifosato, apresentou PAI de 24 DAE (SILVA et al., 2014). Para a cultivar BRS Querência ao competir com milhã (*Digitaria horizontalis*) apresentou PAI de 23 DAE (AGOSTINETTO et al., 2014). Green-Tracewicz, Page e Swanton (2012) caracterizaram como o período de maior sensibilidade da soja as alterações na luz causadas pela presença das plantas daninhas, entre os estádios V1 e V3 o que pode ser caracterizado como PCPI. Para as cultivares de soja Fundacep 63RR e 59RR, a interferência de 10 e 30 plantas/m² de milho voluntário é tolerado por 28 e 42 dias, e de 14 e 28 DAE, respectivamente (SCHNEIDER; ROCKENBACH; BIANCHI, 2014).

Figura 2 - Redução no rendimento das cultivares de soja NA 5909 RG (a) e P 95R51 (b) em resposta a diferentes herbicidas e períodos crescentes de convivência com plantas daninhas. Passo Fundo, 2015-2016



Fonte: Dados do autor.

Neste trabalho, verificou-se resposta semelhante para PAI, sendo que as cultivares responderam de maneira diferente, mas a tendência de aumento no período com o uso de herbicida residual foi semelhante para ambas. Para a cultivar NA 5909 RG no tratamento paraquate, o PAI foi de 21 DAE, equivalente ao estágio vegetativo V3. As associações com herbicidas residuais flumioxazina e diclosulam apresentaram PAI de 35 e 42 DAE, equivalentes aos estádios V8 e V10, respectivamente (Figura 3). Para a cultivar P 95R51 no tratamento paraquate, o PAI foi aos 14 DAE, estágio V2, e as associações aos 28 DAE, estágio V4 (Figura 4).

Ao considerar 5% de redução no rendimento de grãos como o determinante para a definição do PAI, a associação de herbicida residual ao herbicida dessecante, proporcionou para ambas as cultivares a extensão deste período, para dezenove e quatorze dias nas cultivares NA 5909 RG e P 95R51 respectivamente na média dos tratamentos com herbicida residual, quando comparada a aplicação isolada de paraquate (Figura 3 e 4).

Além do benefício de usar herbicidas residuais no aumento do PAI, também há a importância da rotação de princípios ativos no sistema de produção, o que é benéfico frente as dificuldades de controle de algumas plantas daninhas. Além disso, por alterarem o PAI e reduzirem o tamanho e o número de plantas daninhas, proporcionam maior flexibilidade para a época de aplicação do herbicida em pós emergência (LOPES OVEJERO et al., 2013). Portanto, favorecem a instalação da cultura livre de competição desde a emergência, o que possibilita o acesso primário aos recursos do ambiente até o fechamento das entrelinhas (PIASECKI; RIZZARDI, 2016).

Perante o exposto, é possível afirmar que os herbicidas residuais se tornam estratégias essenciais no manejo atual de plantas daninhas. Seu benefício já foi elucidado para algumas espécies, como para o girassol, onde o uso de herbicida em pré-emergência aumentou em média o PAI em 10 dias (KNEZEVIC et al., 2013), bem como para a soja, onde o PAI foi de 43 DAE quando da aplicação de glifosato + chlorimuron-ethyl em pré-emergência, comparado a 29 DAE quando do tratamento somente com glifosato

(CARVALHO et al., 2009). Isto ocorre porque os herbicidas residuais têm grande impacto sobre os fluxos iniciais de plantas daninhas nos cultivos agrícolas. Ao utilizá-los em pré-emergência observou-se a média de 20 plantas/m², contudo na sua ausência a densidade média foi de 63 plantas/m² (SANTOS et al., 2016).

Figura 3 - Período anterior a interferência (PAI) da cultivar de soja NA 5909 RG submetida a aplicação em pré-emergência de herbicidas sem e com ação residual. Passo Fundo, 2015-2016

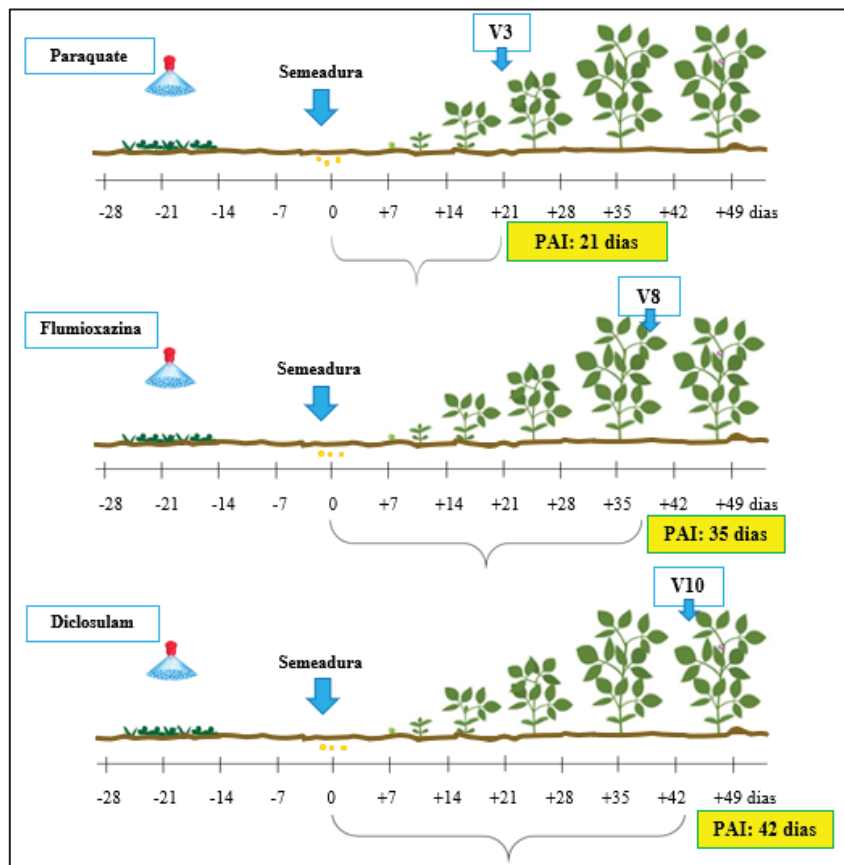
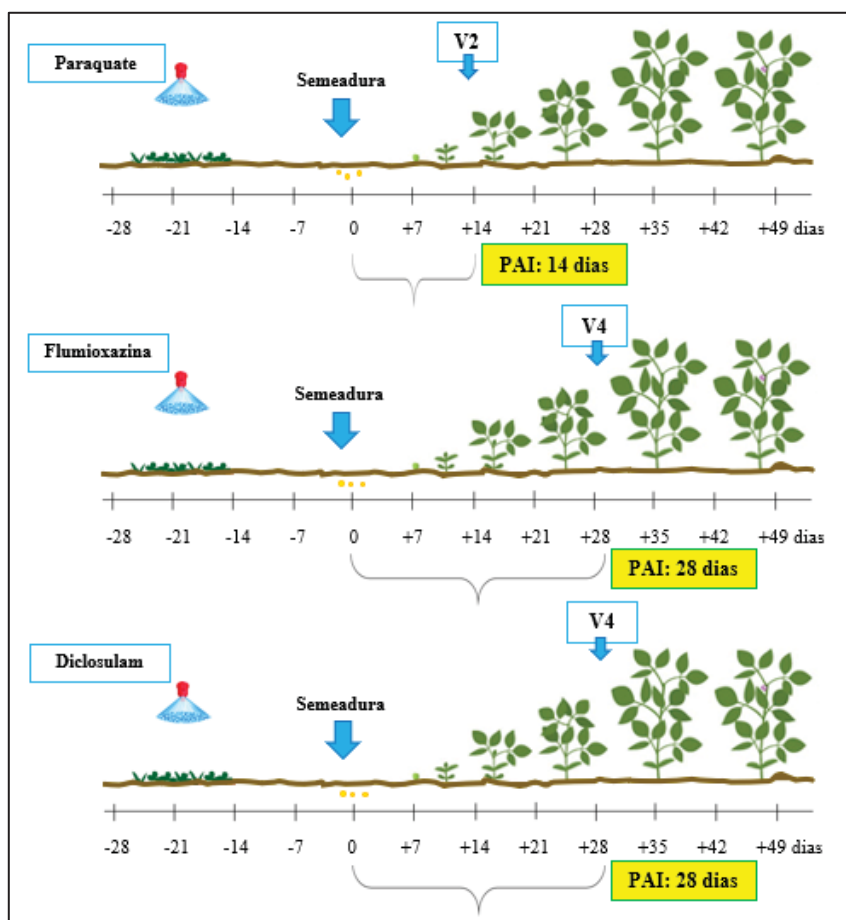


Figura 4 - Período anterior a interferência (PAI) da cultivar de soja P 95R51 submetida a aplicação em pré-emergência de herbicidas sem e com ação residual. Passo Fundo, 2015-2016

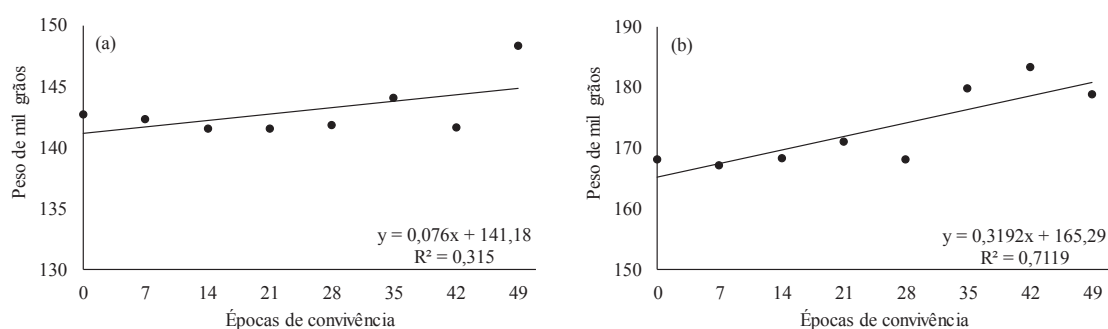


Ao inserir nas aplicações de dessecação e pré-emergência herbicidas de mecanismos de ação distintos e com ação residual de solo tem-se benefícios relacionados ao controle das plantas daninhas, dentro os quais as melhores condições para a cultura através do controle dos fluxos de plantas daninhas com consequente aumento do PAI evitando danos de competição por recursos do meio.

Os componentes de rendimento total de legumes e total de grãos não apresentaram significância para ambas cultivares e tratamentos herbicidas. Já, peso de mil grãos apresentou aumento para ambas cultivares na média dos tratamentos herbicidas, quando da convivência com plantas daninhas, com aumento de 0,07 e 0,31 g com o acréscimo de

um dia de convivência, para NA 5909 RG (Figura 5a) e P 95R51 (Figura 5b), respectivamente. Acredita-se que pela plasticidade da cultura da soja, muitas das interferências impostas pelas plantas daninhas sejam mascaradas nos resultados finais de rendimento e componentes, pois esta cultura possui grande adaptação ao ambiente.

Figura 5 - Peso de mil grãos da cultivar de soja NA 5909 RG (a) e cultivar P 95R51 (b) em função de épocas de convivência com plantas daninhas na média dos tratamentos herbicidas. Passo Fundo, 2015-2016



3.5 Conclusões

O uso dos herbicidas de ação residual diclosulam e flumioxazina aumentam o PAI de cultivares de soja NA 5909 RG e P 95R51 em áreas infestadas principalmente com buva e nabo.

4 CAPÍTULO II

A competição até o estágio V6 da soja afeta a morfologia e a constituição bioquímica das raízes

4.1 Resumo

O sistema radicial das plantas é o órgão mais importante na absorção de água e nutrientes, além de exercer papel primordial na sustentação da parte aérea. Objetivou-se com este trabalho avaliar alterações nos caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos do sistema radicial de soja em competição com plantas daninhas em diferentes períodos de convivência. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no ano agrícola 2016/2017. Utilizou-se a cultivar de soja P 95R51 e como planta daninha a buva (*Conyza* spp.) A unidade experimental foi constituída de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 11 litros. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 2x6, onde 2 é a ausência ou presença de planta daninha, e 6 são os períodos de convivência da soja com a planta daninha, de V0-V3, V0-V6, V0-R2, V3-R6, V6-R6 e R2-R6, onde V0 é a data de semeadura da soja, e V3, V6, R2 e R6 são estádios fenológicos da cultura. Ao final de cada tratamento, as plantas foram removidas dos vasos, e separadas em parte aérea e radicial para posterior avaliação. Avaliou-se na parte aérea a estatura, área foliar, matéria seca, relação parte aérea raiz; e no sistema radicial o comprimento, área superficial, volume, diâmetro médio, número de pontas de raiz, matéria seca, conteúdo de fenóis totais e flavonoides, e anatomia. A competição de buva com a soja da emergência da cultura até o estágio V6, em geral, afeta os caracteres morfológicos de parte aérea e raiz, e a constituição bioquímica de raízes de soja. A presença de plantas daninhas a partir dos estádios V3, V6 e R2 não altera negativamente os parâmetros avaliados. E a constituição anatômica das raízes não é modificada pelos períodos de convivência com plantas daninhas.

Palavras-chave: 1. Plantas daninhas. 2. Vizinhos. 3. Evitação a sombra. 4. Arquitetura radicial. 5. Metabolismo secundário.

4.2 Introdução

O sistema radicial das plantas é o órgão mais importante na absorção de água e nutrientes, e exerce papel primordial na sustentação da parte aérea. A competição entre cultura e plantas daninhas por luz, água e nutrientes, requer sistema radicial eficiente na absorção frente a interferência. Estudos de competição entre plantas raramente determinam as alterações da estrutura e fisiologia das raízes (GAL et al., 2015), porém,

estas interferem diretamente na aquisição de água e nutrientes, que é um aspecto importante ainda pouco compreendido (FINCH et al., 2017).

As alterações na raiz têm efeitos importantes na intensidade da competição (NORD; ZHANG; LYNCH, 2011). Culturas como a soja, possuem a capacidade de detectar a presença de plantas daninhas vizinhas, e rapidamente implantar mudanças morfológicas e moleculares em resposta a competição (MCKENZIE-GOPSILL et al., 2016). Transferir esta informação para as raízes a fim de alterá-las, é uma estratégia de sobrevivência frente a competição (GAL et al., 2015), e que podem ser mascaradas ao avaliar apenas a matéria seca da raiz (NORD; ZHANG; LYNCH, 2011).

As mudanças fisiológicas e morfológicas que ocorrem em resposta a competição, originam plantas mal adaptadas ao ambiente, que conseqüentemente são mais suscetíveis a estresses bióticos e abióticos e resultam em redução do rendimento potencial das culturas (GAL et al., 2015; GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2011; MCKENZIE-GOPSILL et al., 2016). Recentemente, afirmou-se o papel direto dos metabólitos secundários presentes nos exsudatos radiculares no desenvolvimento da raiz (CAFFARO et al., 2011).

Os metabólitos secundários influenciam no reconhecimento entre raízes (BIEDRZYCKI et al., 2010; BRADI et al., 2012; CAFFARO et al., 2013), bem como, na ativação da nodulação das raízes com bactérias simbióticas (GAL et al., 2015). Portanto, qualquer alteração no conteúdo dos metabólitos secundários poderá alterar a habilidade competitiva das espécies frente a competição, bem como reduzir a nodulação. Outro aspecto relevante em resposta a distintas intempéries, são as alterações de componentes anatômicos de folha e raiz.

A maioria dos estudos de competição entre plantas não considera a competição entre raízes. Por ser um órgão tão importante no desenvolvimento das plantas, qualquer alteração negativa origina plantas mal adaptadas aos estresses durante o cultivo, sendo assim, um importante objeto de investigação. Além disso, a maioria dos estudos só consideram a competição que ocorre em estádios iniciais de desenvolvimento das plantas,

ignorando os atuais problemas com novo fluxo de emergência e rebrote de plantas durante o cultivo. Porém, dificuldades de controle de algumas espécies e práticas de manejo inadequadas que antecedem o cultivo, levam a possibilidade de rebrotos de plantas daninhas dentro da cultura principal, o que pode modificar os atuais conceitos de competição.

Objetivou-se com este trabalho avaliar alterações nos caracteres morfológicos, bioquímicos e anatômicos do sistema radicial de soja em competição com plantas daninhas em diferentes períodos de convivência.

4.3 Material e Métodos

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2016/2017, em casa de vegetação na Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo/RS. Utilizou-se a cultivar de soja P 95R51 que possui ciclo de 115 a 120 dias, tipo de crescimento indeterminado e tolerância ao herbicida glifosato (PIONEER, 2017), e como planta daninha, utilizou-se a buva (*Conyza* spp.).

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de presença ou ausência de plantas daninhas, e de períodos de convivência da soja com a planta daninha, sendo V0-V3, V0-V6, V0-R2, V3-R6, V6-R6 e R2-R6, onde V0 correspondeu a data de semeadura da soja e V3, V6, R2 e R6 são estádios fenológicos da cultura (Quadro 1). Os períodos de V0-V3, V0-V6 e V0-R2 tinham por objetivo de simular uma competição inicial; já os períodos de V3-R6, V6-R6 e R2-R6 tinham por objetivo simular uma competição tardia, situação frequente em áreas agrícolas atualmente. Ao final de cada tratamento, as plantas de soja foram removidas dos vasos e separadas em parte aérea e radicial para posterior avaliação.

As unidades experimentais foram compostas de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 11 litros, com uma mistura de solo agrícola e substrato comercial na proporção de 50:50. Cada unidade experimental continha seis plantas de soja, esta densidade foi escolhida pelo conhecimento da capacidade de suporte dos vasos de 11

litros. Ao atingir os estádios de definição dos tratamentos, foi transplantada uma planta de buva por vaso. As sementes das plantas de buva foram mantidas em água dentro da geladeira por 24 horas, após este período, estas foram semeadas em vasos plásticos com capacidade de 5 litros, e no momento do transplante apresentavam-se em estágio inicial de desenvolvimento. A retirada das plantas para o transplante foi realizada com o auxílio de uma espátula, para que a planta permanecesse com a raiz inteira e com solo. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação sob irrigação diária e os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura da soja.

Quadro 1 - Descrição dos tratamentos. Passo Fundo, 2016/2017

Estádio ⁽¹⁾	Descrição
V0-V3	Competição da data de semeadura até o estágio V3 da soja (segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida)
V0-V6	Competição da data de semeadura até o estágio V6 da soja (quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida)
V0-R2	Competição da data de semeadura até o estágio R2 da soja (florescimento pleno, uma flor aberta num dos 2 últimos nós da haste com folha completamente desenvolvida)
V3-R6	Competição a partir de V3 até R6 (grão cheio ou completo, legume contendo grãos verdes preenchendo as cavidades do legume de um dos 4 últimos nós da haste com folha completamente desenvolvida)
V6-R6	Competição a partir de V6 até R6
R2-R6	Competição a partir de R2 até R6

Estádios V3, V6, R2 e R6 (FEHR; CAVINESS, 1977).

Na parte aérea, avaliou-se a estatura e a área foliar de quatro plantas de soja por unidade experimental. A estatura foi mensurada com régua graduada e a área foliar por meio de integrador de área foliar, marca Licor[®]. Posteriormente, as plantas foram colocadas em estufa para secagem a 80 °C para quantificação da matéria seca da parte aérea. As seis raízes foram lavadas em água corrente, destas duas foram utilizadas para avaliações morfológicas, e quatro para a determinação da matéria seca de raízes e de metabólitos secundários. Calculou-se a relação parte aérea:raiz, dividindo-se a matéria seca da parte aérea pela matéria seca de raiz.

As duas raízes frescas utilizadas para avaliação morfológica, escolhidas aleatoriamente de cada repetição, totalizando oito amostras por tratamento, foram avaliadas com o uso do software WinRhizo (Regent Instruments Inc., Sainte-Foy, QC, Canada), onde mensurou-se o comprimento, área superficial, volume, diâmetro médio e número de pontas de raiz.

As quatro raízes utilizadas para quantificação da matéria seca e de metabólitos secundários, foram secas em estufa a 50 °C até atingir massa constante. Essa temperatura foi escolhida para que não houvesse danos aos compostos do metabolismo secundário. Após a pesagem de matéria seca, as raízes foram moídas em moinho vegetal, para posterior quantificação de fenóis totais e flavonoides por meio da metodologia de Josipovic et al. (2016), com modificações. A extração foi realizada com 0,5 g de raiz moída e 5 mL de metanol (contendo 1% de HCl), em ultrassom por 1 hora. Após as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 4 °C e 9000 rpm. A solução foi filtrada em membrana filtrante de 0,45 µm e o volume completado para 5 mL. A solução extrativa foi mantida no escuro durante os procedimentos.

Para a análise de fenóis totais, utilizou-se 0,4 mL da solução extrativa citada acima, 0,1 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de água destilada. Após 5 minutos, adicionou-se 0,4 mL de Na₂CO₃ (14%) e completou-se o volume para 10 mL. A solução foi agitada em vortex por alguns segundos e após mantida no escuro em temperatura ambiente por 30 minutos. Após esse período, a absorbância da solução foi medida em espectrofotômetro visível, em comprimento de onda de 765 nm, contra um branco de referência. Os fenóis totais foram calculados a partir de uma curva de calibração com padrão de ácido gálico, e expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de matéria seca (MS). A concentração de ácido gálico utilizado para a curva de calibração foi de 0,002 a 0,01 mg/mL.

Para avaliação do conteúdo de flavonoides, juntou-se 1 mL da solução extrativa citada anteriormente, 4 mL de água destilada e 0,3 mL de NaNO₂ (5%). A solução foi agitada por alguns segundos em vortex e mantida à temperatura ambiente por 5 minutos. Em seguida, adicionou-se 0,3 mL de AlCl₃ (10%), agitou-se novamente em vortex e

manteve-se a solução à temperatura ambiente por mais 5 minutos. Posteriormente, acrescentou-se 2 mL de NaOH (1M) e 2,4 mL de água destilada. Procedeu-se imediatamente à leitura da absorvância em espectrofotômetro à 510 nm, utilizando um branco de referência. O conteúdo total de flavonoides foi calculado a partir de uma curva de calibração utilizando rutina como substância de referência, e expresso em rutina (RUT)/g MS. Para a realização da curva de calibração utilizou-se rutina nas concentrações de 0,01 a 0,08 mg/ml.

Para avaliação anatômica de raiz, foram realizados cortes de fragmentos na raiz primária de duas plantas aleatórias por repetição, estes foram fixados em FAA (formaldeído, ácido acético glacial, etanol 70° GL; na proporção de 5:5:90 respectivamente, v/v) por 48 horas, e após armazenados em etanol 70% (JOHANSEN, 1940). Os cortes foram realizados manualmente, e posteriormente, o material foi corado com fucsina básica e azul de alcian para evidenciar paredes lignificadas e celulósicas. As lâminas foram montadas em glicerina 50% e analisadas em microscópio óptico Olympus CX 31.

Realizou-se análise de dados por meio do teste t ($\leq 0,05$) para os caracteres morfológicos e bioquímicos das raízes. Este teste foi escolhido para que se pudesse identificar as diferenças existentes entre a presença e a ausência de planta daninha, em cada período de convivência. Afinal, as avaliações foram realizadas em estádios fenológicos distintos o que inviabiliza biologicamente a comparação entre os períodos de convivência. Para as imagens de anatomia das raízes, realizou-se análise descritiva.

4.4 Resultados e Discussão

A redução da estatura da soja em função da presença da planta daninha ocorreu nos períodos de convivência de V0-V6 e V0-R2, com redução de 16,6 e 9,0% respectivamente (Tabela 1). A área foliar e a matéria seca de parte aérea foram reduzidas nos períodos de V0-V3 e V0-V6 quando em competição. Entretanto, a presença da planta daninha, no período de V0-R2 aumentou aproximadamente 60% a área foliar da soja. Já a matéria seca da soja em competição aumentou em 20, 28 e 25% nos períodos de V0-

R2, V3-R6 e R2-R6, respectivamente. A relação parte aérea:raiz da soja foi maior na presença da planta daninha apenas no período de V0-V3 (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatura, área foliar, massa seca de parte aérea e relação parte aérea:raiz (PA:R) de plantas de soja sem e com convivência com buva (*Conyza* spp.) em períodos de convivência. Passo Fundo, 2016-2017

Período de convivência	Estatura (cm)			Área foliar (cm ²)			MS aérea (g)			Relação PA:R		
	Sem Planta	Com Planta	Valor p	Sem Planta	Com Planta	Valor p	Sem Planta	Com Planta	Valor p	Sem Planta	Com Planta	Valor p
	Daninha	Daninha		Daninha	Daninha		Daninha	Daninha		Daninha	Daninha	
V0-V3	23,25	21,75	0,068	204,94	136,14	<0,001	0,91	0,66	0,001	3,24	4,71	0,002
V0-V6	38,83	32,38	<0,001	573,96	512,70	0,037	3,56	2,74	<0,001	3,98	4,20	0,189
V0-R2	47,42	43,17	<0,001	852,18	1362,39	<0,0001	6,49	7,79	0,014	3,49	4,74	0,088
V3-R6	83,25	80,94	0,295	2263,62	2460,29	0,321	40,33	51,62	0,018	6,69	7,25	0,323
V6-R6	78,25	80,31	0,320	2036,09	2203,39	0,347	42,25	48,82	0,136	7,42	8,12	0,114
R2-R6	78,17	76,88	0,354	2293,63	2424,92	0,355	43,73	54,68	0,050	9,14	7,15	0,467

Fonte: Dados do autor.

Nota: Valor p= probabilidade. A diferença foi considerada significativa quando os valores de p foram iguais ou inferiores a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

O comprimento do sistema radicial reduziu em 21, 14 e 20% quando em competição com planta daninha nos períodos de convivência de V0-V3, V0-V6 e R2-R6 respectivamente (Tabela 2). Isto ocorre devido a detecção precoce das plantas daninhas, o que resulta na redução da taxa inicial de crescimento da raiz da cultura (AFIFI; SWANTON, 2012). Gal et al. (2015) detectaram redução do comprimento de 1063 mm para 975 mm quando a soja competiu até o estágio V3. Bem como para trigo, quando em competição com azevém e trigo até 15 dias após a semeadura, o comprimento das raízes foi de 30 e 26 cm respectivamente, comparados a 36 cm no tratamento sem competição (LAMEGO et al., 2015). O comprimento de raiz é uma característica morfológica determinante na absorção de água e nutrientes, se este for reduzido pela competição, a funcionalidade das raízes será comprometida.

A área superficial foi menor quando em competição com planta daninha no período de V0-V3 (Tabela 2). Gal et al. (2015) encontraram para a soja em competição até V3, valores de área superficial de 163,4 cm², comparada a 187,5 cm² sem competição. Assim como para o comprimento das raízes, o período de V0-R2 apresentou maior área

superficial e volume quando em competição, o que indica o potencial da cultura em recuperar os danos causados pela interferência com plantas daninhas nos estádios iniciais.

Tabela 2 - Comprimento, área superficial e volume de raízes de soja sem e com convivência com buva (*Conyza spp.*) em períodos de convivência. Passo Fundo, 2016-2017

Período de convivência	Comprimento (cm)			Área superficial (cm ²)			Volume (cm ³)		
	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p
	Planta Daninha	Planta Daninha		Planta Daninha	Planta Daninha		Planta Daninha	Planta Daninha	
V0-V3	1351,55	1064,00	0,003	175,68	148,02	0,025	1,82	1,64	0,147
V0-V6	4343,77	3728,00	0,032	608,13	534,88	0,058	6,78	6,12	0,128
V0-R2	4733,26	5723,89	0,007	725,16	1044,38	<0,001	8,84	15,18	<0,0001
V3-R6	4527,41	4062,86	0,121	1054,15	1083,49	0,385	19,63	23,17	0,103
V6-R6	4443,13	4801,65	0,077	1060,27	1075,16	0,391	20,40	19,31	0,333
R2-R6	5585,68	4478,57	0,009	1098,87	1375,76	0,013	22,31	25,80	0,142

Nota: Valor p= probabilidade. A diferença foi considerada significativa quando os valores de p foram iguais ou inferiores a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Na competição com planta daninha o diâmetro médio das raízes foi maior em comparação a ausência de competição para a maioria dos períodos de convivência, o que pode ser um sistema de defesa da soja em resposta a competição, a exceção de V0-V6 e V6-R6 onde não houve diferença (Tabela 3). O número de pontas de raízes foi reduzido em 36% no período de V0-V3 quando em competição com planta daninha, não apresentando significância nos demais períodos de convivência (Tabela 3).

A matéria seca de raiz apresentou redução em nível de 50 e 25% quando em competição com planta daninha nos períodos de V0-V3 e V0-V6, respectivamente; já, para os períodos de V3-R6 e V6-R6 observou-se superioridade da matéria seca das raízes quando em competição (Tabela 3). Os dados de raiz corroboram com os dados de matéria seca de parte aérea, onde os períodos de V0-V3 e V0-V6, apresentaram redução quando em competição (Tabela 1). Na matéria seca total, as reduções pela competição, ficam explícitas nos períodos iniciais de V0-V3 e V0-V6, e nos demais períodos o aumento da matéria seca total quando em competição, a exceção de V6-R6, o que afirma a plasticidade da cultura em recuperar-se de danos causados pela interferência (Tabela 3).

Tabela 3 - Diâmetro médio, número de pontas, massa seca de raiz e massa seca total de parte aérea e raízes de soja sem e com convivência com buva (*Conyza spp.*) em períodos de convivência. Passo Fundo, 2016-2017

Período de convivência	Diâmetro médio (mm)			Número de pontas			MS raiz (g)			MS total (g)		
	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p
	Planta	Planta		Planta	Planta		Planta	Planta		Planta		
	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha					
V0-V3	0,413	0,444	0,023	1973,75	1257,00	0,013	0,28	0,14	<0,0001	1,19	0,81	<0,001
V0-V6	0,446	0,458	0,177	4502,50	4616,50	0,415	0,91	0,68	0,003	4,47	3,41	0,001
V0-R2	0,488	0,582	<0,0001	5421,25	6202,83	0,090	1,87	2,10	0,075	8,36	9,88	0,017
V3-R6	0,740	0,850	0,021	7737,50	8346,13	0,115	5,51	7,99	0,005	45,83	59,61	0,010
V6-R6	0,765	0,716	0,217	6311,75	7142,38	0,175	6,34	7,21	0,004	48,59	56,02	0,115
R2-R6	0,625	1,028	0,004	7284,50	7330,75	0,463	6,63	7,57	0,061	50,36	62,24	0,041

Nota: Valor p= probabilidade. A diferença foi considerada significativa quando os valores de p foram iguais ou inferiores a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Ao avaliar caracteres morfológicos da raiz, é possível identificar mudanças que poderiam ser mascaradas se apenas a matéria seca tivesse sido avaliada (FINCH et al., 2017; NORD; ZHANG; LYNCH, 2011). A plasticidade da raiz pode reduzir a competição por recursos do solo, sem alterar a partição da matéria seca entre parte aérea e raiz (NORD; ZHANG; LYNCH, 2011). As alterações na luz refletida acima do solo decorrentes da presença de plantas daninhas, desencadeiam uma resposta para evitar a sombra e resultam em redução de matéria seca de raiz (AFIFI; SWANTON, 2011). Este trabalho corrobora com estudos que também encontraram alteração na matéria seca quando em competição.

A soja ao competir com azevém dos estádios VE à V3 apresentou matéria seca de raiz de 0,17 g comparado a 0,20 g quando livre de competição (GAL et al., 2015). Quando em competição com plantas daninhas até V2, a soja reduziu em 36% a matéria seca de raiz (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2011) e até os estádios V3 e V6 reduziu em 30 e 34% respectivamente (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012). Para plantas de milho com a quarta folha, a biomassa total de raiz foi de $0,17 \pm 0,019$ quando em competição e de $0,23 \pm 0,039$ sem competição (AFIFI; SWANTON, 2011).

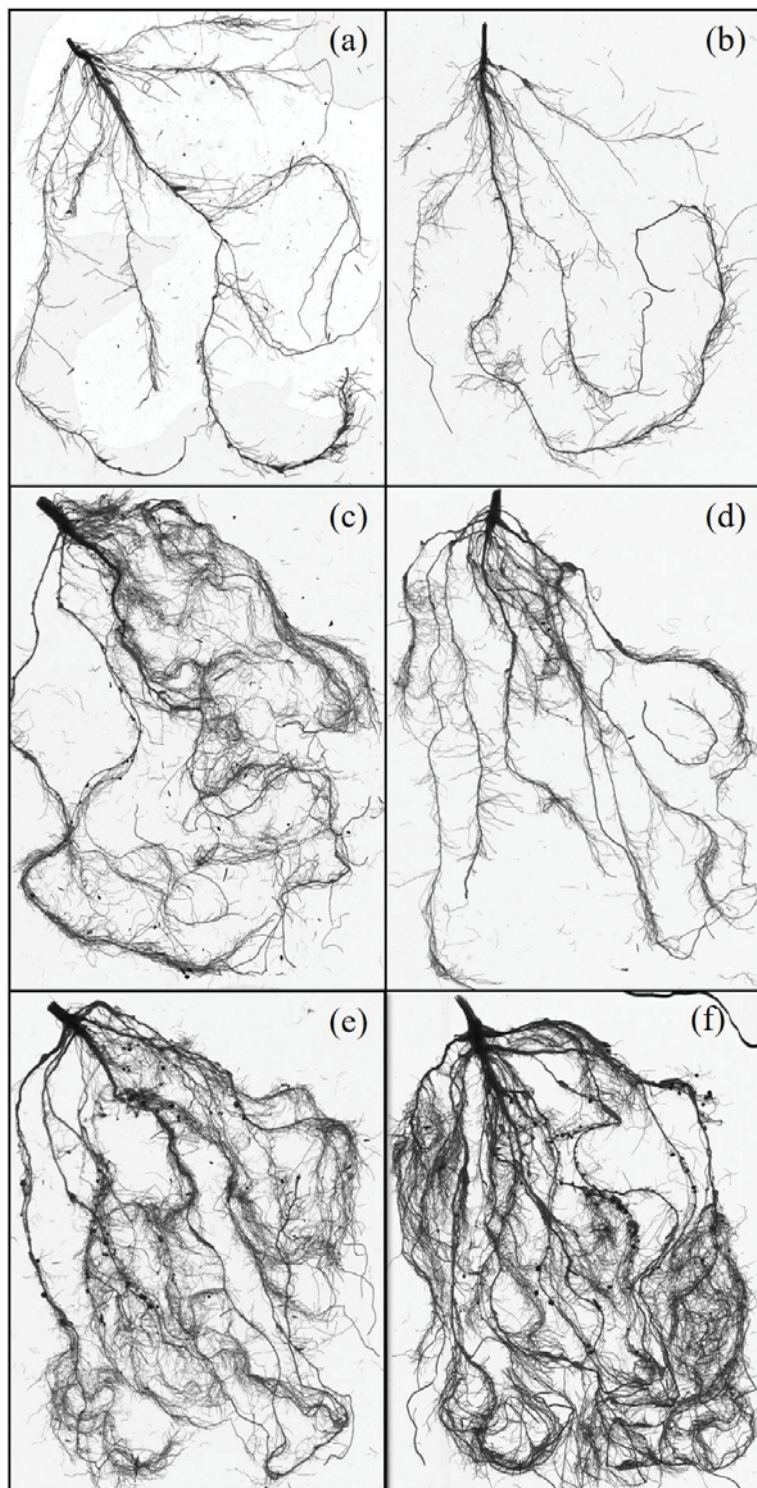
Nas Figuras 1 e 2 é possível visualizar as imagens dos tratamentos originadas por meio do software Whinrizo, pelas quais foram possíveis avaliar os caracteres morfológicos de comprimento, área superficial, volume, diâmetro médio e número de pontas das raízes.

Nas imagens dos tratamentos V0-V3 (Figuras 1ab) e V0-V6 (Figuras 1cd) corrobora-se os dados encontrados na Tabela 2 onde o comprimento e a área superficial foram menores quando em competição com planta daninha.

Os tratamentos que visavam a simulação da competição tardia, com a adição da planta daninha nos estádios V3, V6 e R2, não influenciaram o desenvolvimento da cultura. Isto está relacionado ao estágio da soja e aos períodos de interferência. Nestes estádios a cultura está mais desenvolvida em relação a planta daninha o que conseqüentemente suprime o desenvolvimento e diminuiu o potencial competitivo da competidora. É consenso que a competição após o período total de prevenção a interferência (PTPI), não prejudica o desenvolvimento da cultura.

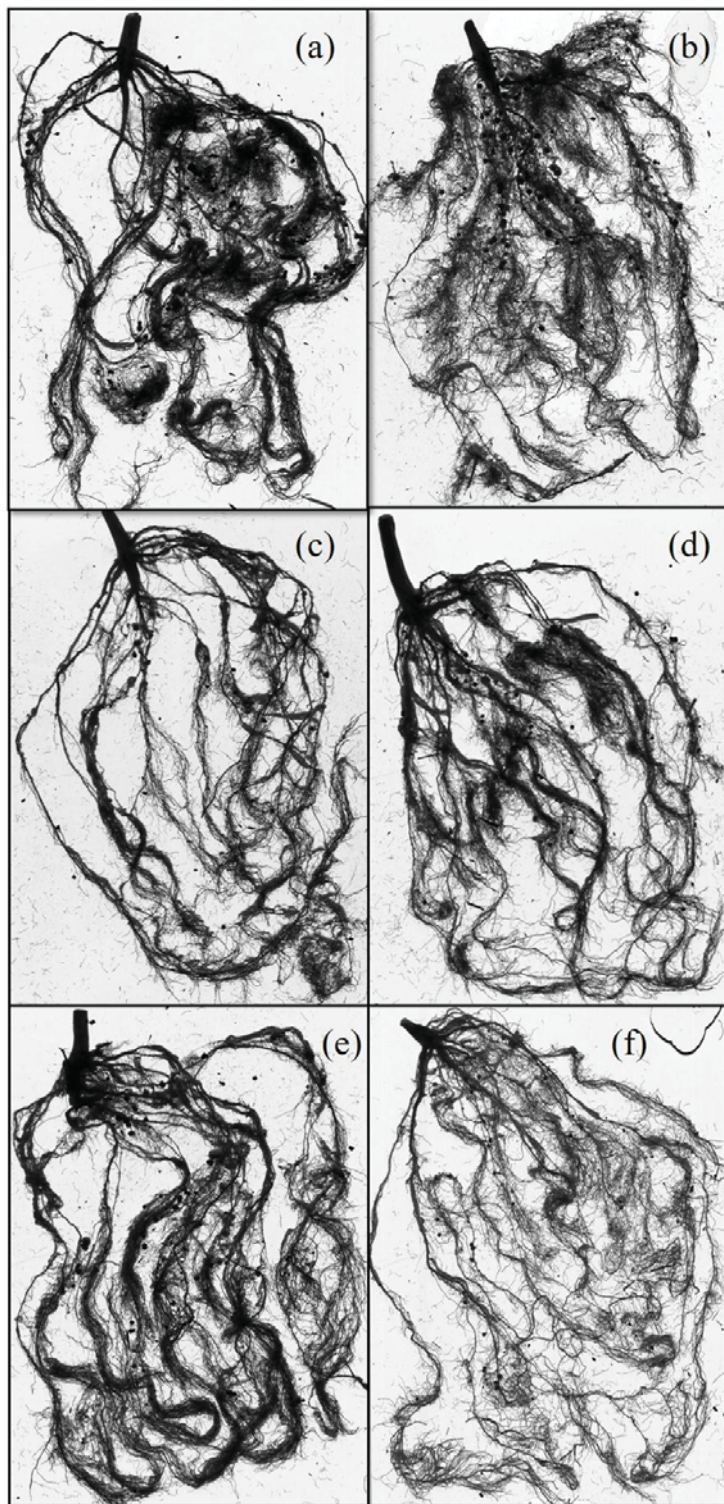
Este período compreende os estádios iniciais de desenvolvimento das culturas, assim quando estas são expostas precocemente a presença de plantas daninhas reduzem a taxa de crescimento e desenvolvimento (PAGE et al., 2009). Para a soja este período é bastante variável, pois altera-se de acordo com a cultivar, técnicas de manejo e ambiente, porém, segue a mesma tendência em número de dias. Como exemplo, para a cultivar de soja P 98Y12 o PTPI é de 42 dias (PEREIRA et al., 2015), o que equivale em média ao final do estágio vegetativo e início do reprodutivo, onde a cultura já apresenta estágio avançado de desenvolvimento, suprimindo o desenvolvimento de outras espécies no dossel vegetativo.

Figura 1 - Sistema radicial de plantas de soja analisadas pelo software Whinrizo, nos tratamentos de V0-V3 sem (a) e com (b) plantas daninhas; tratamento V0-V6 sem (c) e com (d) plantas daninhas; e tratamento V0-R2 sem (e) e com (f) plantas daninhas. Passo Fundo, 2016-2017



Fonte: Imagens do autor.

Figura 2 - Sistema radicial de plantas de soja analisadas pelo software Whinrizo, nos tratamentos de V3-R6 sem (a) e com (b) plantas daninhas; tratamento V6-R6 sem (c) e com (d) plantas daninhas; e tratamento R2-R6 sem (e) e com (f) plantas daninhas. Passo Fundo, 2016-2017



Neste estudo o teor de fenóis totais e flavonoides nas raízes apresentaram respostas semelhantes as avaliações de caracteres morfológicos. O conteúdo de fenóis totais nos períodos de V0-V6 e V0-R2 foi reduzido quando em competição com plantas daninhas, tendência similar foi encontrada para flavonoides no período de V0-V6 (Tabela 4). Já nos períodos de V6-R6 e R2-R6 a competição aumentou o conteúdo de fenóis totais, e além destes, também o período de V3-R6 aumentou o conteúdo de flavonoides (Tabela 4). Assim, é possível inferir que quando a planta daninha convive com a cultura desde o início do desenvolvimento ocorre, em igual, a diminuição da produção de fenóis totais. Já, a adição da planta daninha nos estádios V3, V6 e R2 ativa, nas raízes, o mecanismo de defesa, pois, a presença de planta daninha aumentou os conteúdos de fenóis totais e flavonoides.

Poucos são os trabalhos que consideram as alterações no metabolismo secundário das plantas expostas a competição com plantas daninhas. A soja é uma espécie que apresenta grande número de compostos fenólicos, dentre eles, flavonoides, ácidos fenólicos e ligninas, os quais apresentam grande importância na saúde humana. Vários trabalhos comprovam que a soja em situação de estresse, dentre eles a competição com plantas daninhas, apresenta alterações no metabolismo secundário (AGOSTINETTO et al., 2016; GAL et al., 2015; SILVA et al., 2014) porém poucos são os trabalhos que consideram esta alteração nas raízes. A raiz é um órgão importante no desenvolvimento das plantas, pois além de absorver água e nutrientes, secretam inúmeros compostos químicos na rizosfera, dentre os quais, compostos secundários como fenóis e flavonoides, açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e proteínas (BIEDRZYCKI et al., 2010).

Tabela 4 - Fenóis totais e flavonoides de raízes de soja sem e com convivência com buva (*Conyza* spp.) em períodos de convivência. Passo Fundo, 2016-2017

Período de convivência	Fenóis Totais (mg EAG/g MS)			Flavonoides (mg RUT/g MS)		
	Sem planta daninha	Com planta daninha	Valor p	Sem planta daninha	Com planta daninha	Valor p
V0-V3	0,827	0,835	0,399	0,248	0,267	0,115
V0-V6	1,175	0,846	0,004	0,237	0,201	0,057
V0-R2	1,395	1,039	<0,0001	0,209	0,213	0,379
V3-R6	1,155	1,126	0,133	0,216	0,266	<0,001
V6-R6	0,868	1,093	0,016	0,212	0,248	0,048
R2-R6	0,804	1,031	0,007	0,179	0,220	0,032

Nota: EAG: equivalentes de ácido gálico; RUT: rutina; MS: matéria seca. Valor p= probabilidade. A diferença foi considerada significativa quando os valores de p foram iguais ou inferiores a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Dentre os compostos secundários, os flavonoides constituem grande parte dos exsudatos radiculares, e a concentração destes, varia de acordo com as condições de crescimento das plantas, técnica de amostragem, disponibilidade de nutrientes e espécie (CESCO et al., 2010). Nas plantas desempenham papéis importantes no transporte de auxina, no desenvolvimento de raiz e parte aérea, possuem propriedades antifúngicas, antivirais e anticancerígenas (WESTON e MATHESIUS, 2013). Na soja, a raiz é o segundo órgão com maior conteúdo de isoflavonas, um grupo de flavonoides, e esta concentração varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura (SEO et al., 2017).

Os flavonoides secretados pelas raízes estão diretamente envolvidos nas interações entre plantas e na alelopatia entre espécies (HASSAN; MATHESIUS, 2012; WESTON; MATHESIUS, 2013). A redução de flavonoides influencia a nodulação da cultura com bactérias simbióticas, pois estes são atraentes secretados pelas raízes (FAGAN et al., 2007; GAL et al., 2015; HASSAN; MATHESIUS, 2012; WESTON; MATHESIUS, 2013), o que torna esta redução indesejável. Para a soja ao competir com

azevém, apresentou redução de 25% no teor de flavonoides nas raízes (GAL et al., 2015).

O reconhecimento da raiz vizinha é o principal fator modulador na competição entre raízes. Para entender a competição subterrânea de plantas, é importante saber como as raízes detectam e respondem à presença de seus vizinhos (CAFFARO et al., 2013). Os exsudatos radiculares são sinais potenciais para detecção de raízes de plantas vizinhas (BIEDRZYCKI et al., 2010; BRADI et al., 2012; CAFFARO et al., 2013), e características de arquitetura de raiz são reprogramadas se os exsudatos produzidos pelas raízes estiverem ausentes ou modificados (CAFFARO et al., 2013). Como é possível observar ao comparar com os dados de caracteres morfológicos avaliados neste trabalho e discutidos anteriormente, as alterações encontradas para na constituição bioquímica apresentaram a mesma resposta dos caracteres morfológicos. O que permite associar a competição com plantas daninhas com estas alterações e concluir que estas modificações nas raízes são desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento da soja, o que altera o rendimento potencial e sua constituição.

Embora se conheça muito sobre compostos aleloquímicos, nenhum composto ou grupo de compostos, até agora, foi diretamente relacionado a modulação entre raízes decorrentes da interação entre plantas (FINCH et al., 2017). O sinal de reconhecimento do vizinho é mediado por exsudatos radiculares que distinguem plantas de diferentes acessos e espécies, o que faz com que as plantas evitem o território ocupado por plantas diferentes e alterem a formação de raízes laterais (BIEDRZYCKI et al., 2010; CAFFARO et al., 2013). A alteração desta formação pode reduzir a absorção de água e nutrientes e de constituintes bioquímicos, e assim desfavorecer a cultura que está sob competição.

A anatomia das raízes de soja não diferiu quando em competição com plantas daninhas nos diferentes períodos de convivência (Figuras 3 e 4). Identificaram-se nos cortes anatômicos os constituintes epiderme, exoderme, córtex, endoderme, cilindro vascular com periciclo e os componentes do xilema e do floema. Porém, diferenças entre

a espessura destes, não foram identificados (dados não apresentados) o que afirma não haver diferença quando as raízes estão em competição com plantas daninhas. A partir do estágio R2 foi possível identificar características de crescimento secundário das raízes, dentre elas, o aumento em espessura dos tecidos vasculares e do periciclo, e a ausência do córtex e da epiderme.

Alterações na anatomia de raiz podem ser determinantes no desenvolvimento da espécie. Algumas são oriundas de condições diferenciadas no crescimento e desenvolvimento da cultura, como a presença ou ausência de água, nutrientes, contaminantes, entre outros. Outras são oriundas do desenvolvimento das espécies. Neste trabalho foi possível identificar algumas variações oriundas do crescimento secundário, principalmente a partir do estágio R2, onde observou-se a ausência do córtex e da epiderme. Isto ocorre, pois, o córtex não aumenta em circunferência como o cilindro vascular, e assim rompe-se e é eliminado junto com a epiderme (GLÓRIA; GUERREIRO, 2012). Esta foi a única diferença encontrada na anatomia de raiz nos diferentes períodos de convivência com planta daninha.

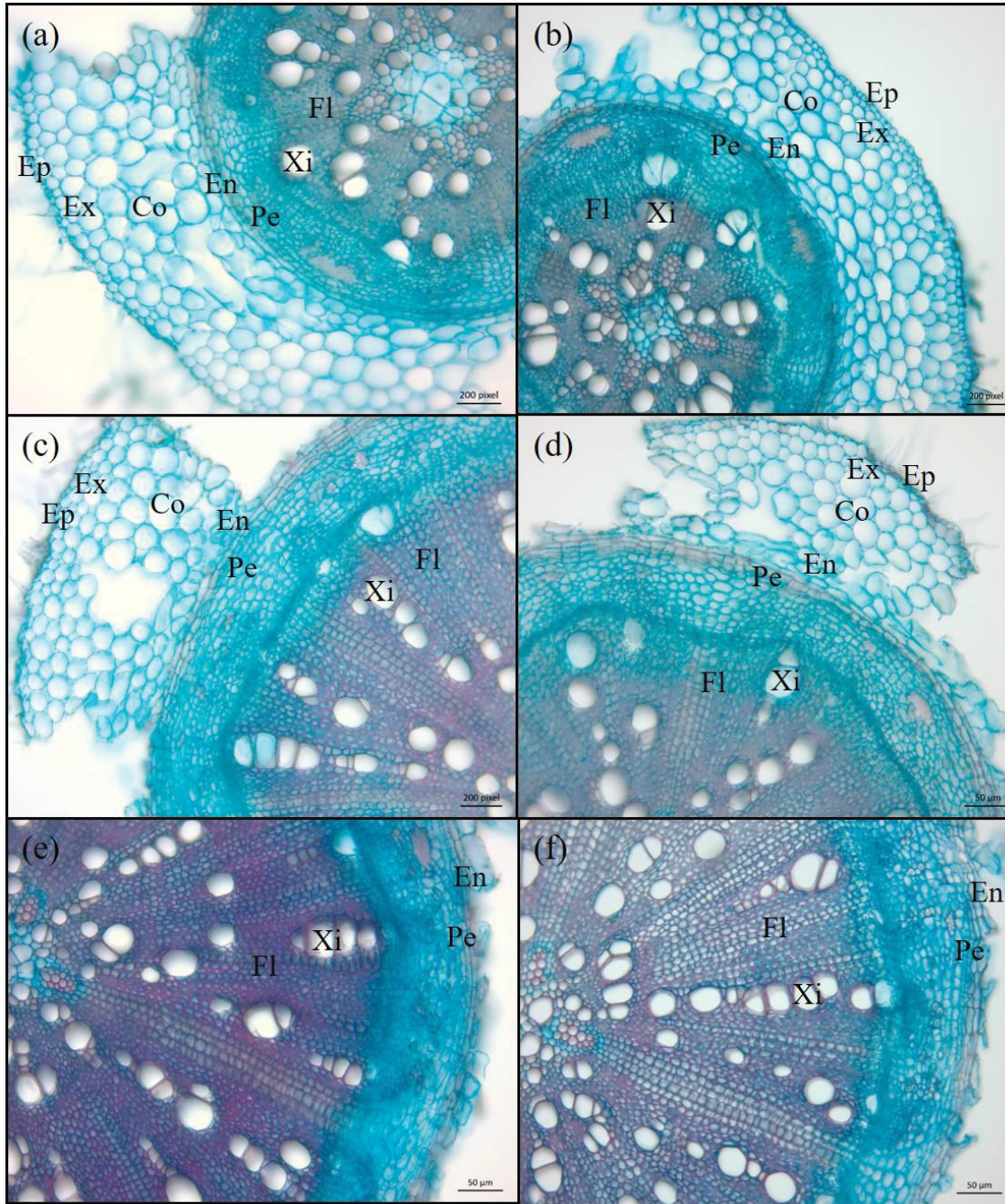
Através destes resultados é possível corroborar com a literatura que nos diz que as plantas detectam alterações na luz decorrentes da competição, e sinalizam esta informação para as raízes, o que leva a alteração da morfologia e constituição bioquímica como estratégia para garantir a sobrevivência (GAL et al., 2015; MCKENZIE-GOPSILL et al., 2016). Essas alterações são influenciadas pelo momento de início da competição entre plantas daninhas e as culturas. Normalmente, à medida que a emergência das plantas daninhas se antecipa à emergência da soja, maior é o impacto negativo sobre as variáveis associadas à cultura (FLECK et al., 2004). Em geral, as plantas que emergem mais tarde em relação a cultura, são menos competitivas (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015), pois a cultura apresenta maior área foliar, com conseqüente maior sombreamento do solo o que desfavorece o desenvolvimento de plantas daninhas.

Porém, poucos são os conhecimentos sobre a interferência imposta pela competição frente aos atuais sistemas de manejo, onde há um fluxo de emergência de plantas daninhas durante o cultivo e a presença de plantas que não foram totalmente controladas pelas aplicações que precedem a semeadura da cultura, as quais detêm a possibilidade de rebrote durante o cultivo. Neste trabalho tentou-se simular a competição em estádios mais avançados da cultura, ou seja, a “competição tardia”, iniciando em estádios vegetativos finais e reprodutivos, não estando presente na emergência da cultura. Por serem plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento o potencial de competição pode ter sido menor se comparado a plantas rebrotadas.

4.5 Conclusões

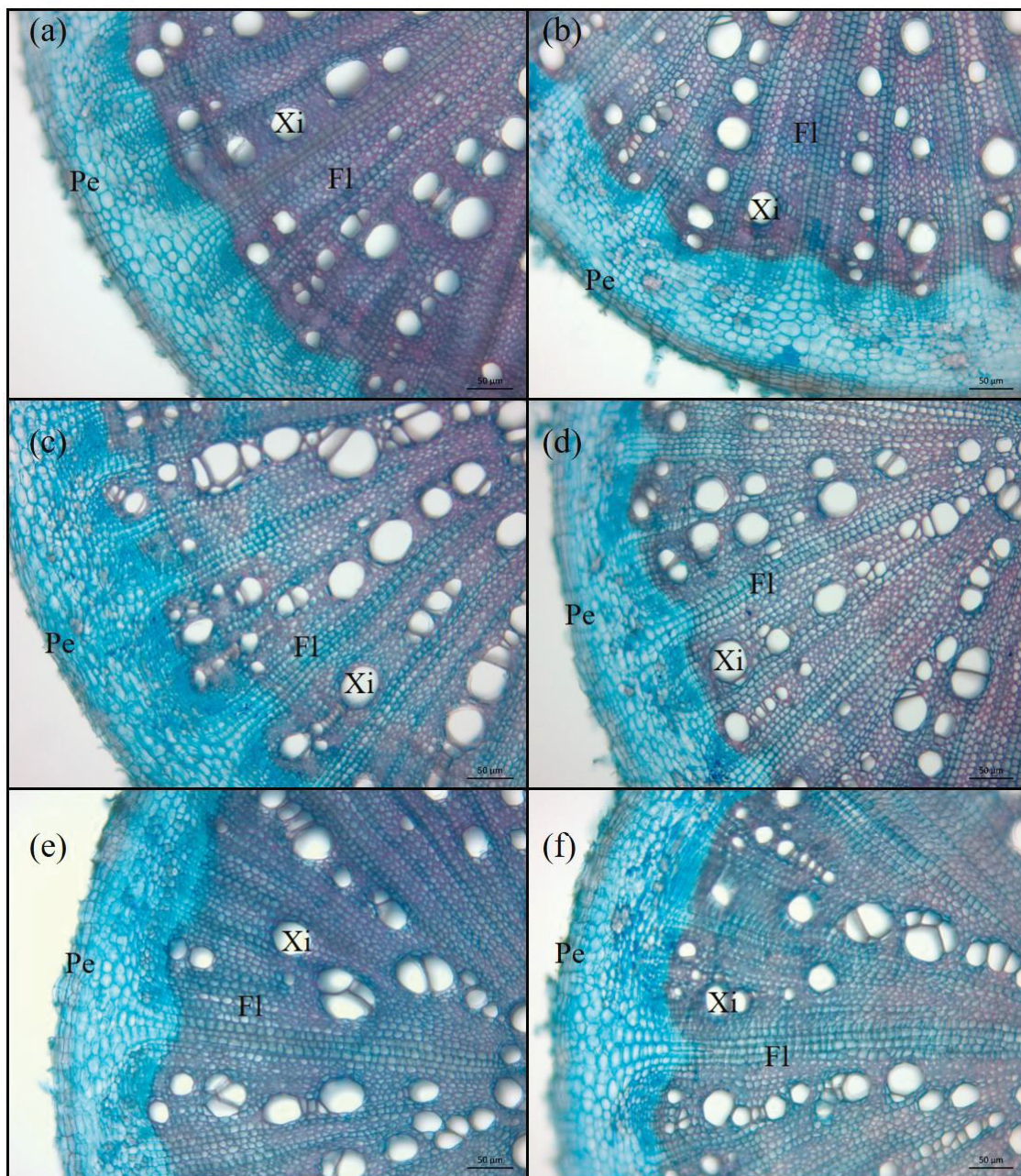
A competição de buva com a soja da emergência da cultura até o estádio V6, em geral, afeta os caracteres morfológicos de parte aérea e raiz, e a constituição bioquímica de raízes de soja. A presença de plantas daninhas a partir dos estádios V3, V6 e R2 não altera negativamente os parâmetros avaliados. E a constituição anatômica das raízes não é modificada pelos períodos de convivência com plantas daninhas.

Figura 3 - Cortes anômicos de raiz de soja nos tratamentos de V0-V3 sem (a) e com convivência com buva (*Conyza spp.*) (b); tratamento V0-V6 sem (c) e com convivência com buva (*Conyza spp.*) (d); e tratamento V0-R2 sem (e) e com convivência com buva (*Conyza spp.*) (f). Passo Fundo, 2016-2017



Nota: Ep: epiderme; Ex: exoderme; Co: cortex; En: endoderme; Pe: cilindro vascular com periciclo; Xi: xilema; Fl: floema.

Figura 4 - Cortes anômicos de raiz de soja nos tratamentos de V3-R6 sem (a) e com convivência com buva (*Conyza* spp.) (b); tratamento V6-R6 sem (c) e com convivência com buva (*Conyza* spp.) (d); e tratamento R2-R6 sem (e) e com convivência com buva (*Conyza* spp.) (f). Passo Fundo, 2016-2017



Nota: Pe: cilindro vascular com periciclo; Xi: xilema; Fl: floema.

5 CAPÍTULO III

Plantas daninhas originadas de sementes ou de rebrotes em períodos de convivência alteram características bioquímicas e de rendimento da soja?

5.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações no metabolismo secundário e nos componentes de rendimento da soja quando submetida a períodos de convivência com milho voluntário e com plantas rebrotadas de buva. Foram conduzidos dois experimentos a campo nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições, ambos com a cultivar de soja P 95R51. O Experimento I foi conduzido no ano de 2015/2016 afim de estabelecer períodos de convivência entre a soja e milho. Os tratamentos constituíram-se de duas densidades de soja alocadas nas parcelas principais (175 e 350 mil pl/ha) e períodos de convivência entre a soja e o milho alocados nas sub-parcelas (V0-R8, V2-R8, V4-R8) além de uma testemunha sem competição. O Experimento II foi conduzido no ano de 2016/2017 afim de avaliar períodos de competição da soja com plantas rebrotadas de buva. O experimento foi instalado em área de pousio, com presença de plantas de buva grandes resistentes ao herbicida glifosato. Antes da instalação do experimento procedeu-se o corte destas a 10 cm do solo com o objetivo de estimular o rebrote das plantas durante o desenvolvimento da cultura. Os tratamentos constituíram-se de manejo dos rebrotes nas parcelas principais (arranque e corte das plantas) e nas sub-parcelas os períodos de convivência, culminando o término destes com o estágio onde procedeu-se o manejo (V0-R2, V0-R3, V0-R4, V0-R5, V0-R6), além de testemunha sem a presença de plantas daninhas, e para rendimento um tratamento com competição por todo ciclo. O milho que se desenvolve após o estágio V4 da soja, e plantas de buva rebrotadas durante o cultivo não alteram negativamente o metabolismo secundário, o rendimento de grãos e os componentes de rendimento da cultura.

Palavras-chave: 1. Competição. 2. Compostos fenólicos. 3. Flavonoides. 4. Saponinas. 5. Produtividade.

5.2 Introdução

A competição entre plantas daninhas e a cultura é um tipo de interferência negativa onde os organismos envolvidos disputam os recursos do ambiente. O grau de severidade

depende de fatores como espécie, densidade e distribuição das plantas daninhas, cultivar, espaçamento e densidade da cultura, além de condições do ambiente e do período em que ocorrem (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007, p. 6). O período em que ocorre a competição é determinante no grau de interferência, pois plantas daninhas emergidas anteriormente ou junto da cultura, possuem maior potencial competitivo, principalmente pelo acesso prioritário aos recursos do ambiente (PIASECKI, 2015; TIRONI et al., 2014). Já a emergência tardia da planta daninha em relação a cultura, é menos competitiva em termos de rendimento, mas pode ser problemática na colheita e na qualidade dos grãos (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015).

Os parâmetros normalmente utilizados para mensurar os efeitos da competição se restringem a variáveis morfológicas, como estatura, matéria seca e componentes de rendimento (PIASECKI, 2015; TIRONI et al., 2014; TREZZI et al., 2015). Poucos são os trabalhos que relacionam a competição com as alterações no metabolismo secundário das espécies (SILVA et al., 2014). O metabolismo secundário está diretamente relacionado a defesa da planta em resposta a fatores ambientais (TAIZ e ZEIGER, 2013), dentre os quais a competição com plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2016; BROZ et al., 2010; GAL et al., 2015; SILVA et al., 2014).

O rendimento de grãos das culturas é definido pela interação entre planta, manejo e ambiente de produção (RIBEIRO et al., 2017). Altos rendimentos são obtidos quando o genótipo apresenta elevado potencial produtivo e capacidade de adaptação ao ambiente combinados com os sistemas de cultivo e manejo exigidos pela cultura (MAUAD et al., 2010). O período de convivência entre cultura e planta daninha é determinante no grau da interferência imposta pela competição sob os componentes de rendimento das culturas. Na soja, as maiores reduções no rendimento foram decorrentes da competição iniciada com *Conyza* aos 81 e 38 dias antes da semeadura da cultura (TREZZI et al., 2015). Dentre os componentes de rendimento, o número de legumes é o mais responsivo a competição (LAMEGO et al., 2004; TREZZI et al., 2015).

Atualmente, a deficiência nas práticas de manejo como o controle total das plantas daninhas antes da semeadura da cultura, oportuniza a presença destas já no início do

desenvolvimento do cultivo e possibilita o rebrote daquelas que foram cortadas durante os manejos que antecederam a sementeira. Além disso, a emergência desuniforme ou baixa densidade da cultura, aumentam o tempo para o fechamento da entrelinha o que possibilita a penetração de luz no dossel por mais tempo, e favorecem assim a emergência de novas plantas daninhas. A competição imposta pelas plantas daninhas leva a reduções significativas no rendimento, assim, é importante avaliar dentro das condições atuais de cultivo da soja, os impactos destas no rendimento e seus componentes, e nos metabólitos secundários que são ativados perante situações adversas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações no metabolismo secundário e nos componentes de rendimento da soja quando submetida a períodos de convivência com milho voluntário e com plantas rebrotadas de buva.

5.3 Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos a campo no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuário (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo – RS, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017, nas coordenadas de latitude de 28° 13' S e longitude de 52° 23' W e altitude aproximada de 700 m acima do nível do mar. O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico húmico (STRECK et al., 2008). A precipitação pluvial e a temperatura média do ar durante a condução dos experimentos, assim como a normal climatológica da região para estes elementos climáticos são apresentados no Quadro 1. As condições meteorológicas durante a condução dos experimentos foram consideradas normais para a época do ano.

O Experimento I foi conduzido no ano agrícola de 2015/2016 afim de estabelecer períodos de convivência entre soja e milho. Antes da instalação do experimento realizou-se dessecação com aplicação em área total de glifosato e paraquate (720 g e.a/ha e 400 g i.a/ha) com o intuito de iniciar o desenvolvimento da cultura sem a presença de plantas daninhas. Utilizou-se a cultivar de soja P 95R51 que apresenta ciclo de 115 a 120 dias, resistência ao herbicida glifosato e hábito de crescimento indeterminado, e como planta

daninha o híbrido de milho P 32R22 YHR que apresenta resistência ao herbicida glifosato (PIONEER, 2017). Ao utilizar milho como planta daninha foi possível definir a densidade e a época de emergência, além de facilitar o manejo das demais plantas daninhas durante o cultivo da soja por apresentar resistência ao herbicida glifosato. A semeadura da soja ocorreu no dia 28/10/2015 em espaçamento de 45 cm entre linhas. Utilizou-se o adubo comercial com formulação NPK 04 24 18 respectivamente, na quantidade de 350 kg/ha. A emergência, em nível de 50%, ocorreu no dia 05/11/2015.

Quadro 1 - Precipitação pluvial (PP), normal climatológica de precipitação pluvial (NCPP), temperatura média (TM) e normal climatológica de temperatura média (NCTM) mensais durante a condução dos experimentos I e II. Passo Fundo, 2015-2016, 2016-2017

Ano	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
PP 15/16	264,0	208,7	347,0	190,3	225,7	205,0	188,5
PP 16/17	370,2	78,5	150,9	213,2	167,2	195,4	296,4
NCPP	152,9	131,7	173,2	149,7	165,8	134,9	99,7
TM 15/16	18,2	19,4	21,7	23,2	22,8	20,0	20,2
TM 16/17	17,5	19,9	21,9	22,3	22,5	20,4	17,4
NCTM	17,6	19,6	21,4	22,1	22,0	20,5	17,6

Fonte: Embrapa Trigo (2017).

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados organizado em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas densidades de soja alocadas nas parcelas principais (175 e 350 mil pl/ha) e períodos de convivência entre a soja e o milho alocados nas sub-parcelas (V0-R8, sendo V0: semeadura do milho no mesmo dia da soja e R8: maturação fisiológica; V2-R8, V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida, ocasião da semeadura do milho e R8: maturação fisiológica; e, V4-R8, V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida, ocasião da semeadura do milho e R8: maturação fisiológica), além de uma testemunha sem competição. A semeadura do milho foi na densidade de 2 pl/m² nas entre linhas da cultura, realizada com o auxílio de semeadora manual. Esta densidade foi escolhida por apresentar nível de competição significativo com a soja (PIASECKI, 2015).

Durante a condução do experimento realizou-se os manejos fitossanitários de acordo com a recomendação da cultura.

O Experimento II foi conduzido no ano agrícola de 2016/2017 afim de avaliar a interferência de rebrotes de plantas de buva durante períodos de convivência com a soja. O experimento foi instalado em área de pousio, com presença de plantas de buva grandes. No dia da instalação do experimento, procedeu-se primeiramente o corte das plantas de buva a 10 cm do solo com o auxílio de uma colhedora de soja, com o objetivo de estimular o rebrote destas durante o desenvolvimento da cultura. Posteriormente, realizou-se dessecação com glifosato (720 g e.a/ha) para o controle das demais espécies. A cultivar de soja utilizada foi a P 95R51, descrita anteriormente, que foi semeada no dia 02/12/2016, sob espaçamento de 45 cm e densidade de 350 mil pl/ha. Utilizou-se o adubo comercial com formulação NPK 04 24 18 respectivamente, na quantidade de 350 kg/ha. A emergência, em nível de 50%, ocorreu no dia 09/12/2016.

O experimento foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados organizado em parcelas sub-divididas, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de manejo dos rebrotes nas parcelas principais (arranque e corte dos rebrotes de plantas de buva), onde no arranque a cultura permaneceu livre da presença de plantas daninhas após o estágio de retirada do rebrote, e no corte, este foi realizado deixando-se quatro folhas para que a competição por recursos do solo continuasse após o estágio do manejo. Nas sub-parcelas alocaram-se os períodos de convivência, culminando o término destes com o estágio da soja onde procede-se o manejo (V0-R2, V0-R3, V0-R4, V0-R5, V0-R6, sendo V0: início do desenvolvimento da cultura, R2: florescimento pleno, R3: início da formação do legume, R4: legume completamente desenvolvido, R5: início do enchimento do grão, R6: grão cheio ou completo), além de uma testemunha sem a presença de plantas daninhas, e para rendimento de grãos um tratamento com competição por todo ciclo. Durante a condução do experimento realizou-se os manejos fitossanitários de acordo com a recomendação da cultura.

Para a avaliação dos metabólitos secundários fenóis totais, flavonoides e saponinas, coletaram-se três plantas por repetição de cada tratamento em estágio

fenológico R2 (florescimento pleno) e R5 (enchimento de grãos) no Experimento I, e ao final de cada período de convivência no Experimento II. As amostras foram secas em estufa a 50 °C até atingir massa constante. Esta temperatura foi escolhida para que não houvesse danos ao metabolismo secundário. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho vegetal e armazenadas em sacos plásticos, sendo estas mantidas no escuro até avaliação.

Para fenóis totais e flavonoides utilizou-se a metodologia de Josipovic et al. (2016), com modificações. A extração foi realizada com 0,5 g de material vegetal moído e 5 mL de metanol (contendo 1% de HCl) em ultrassom por 1 hora. Após as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 4 °C e 9000 rpm. A solução foi filtrada em membrana filtrante de 0,45 µm e o volume completado para 5 mL. O extrato foi mantido no escuro durante os procedimentos.

Para a análise de fenóis totais, utilizou-se 0,2 mL da solução extrativa citada acima, 0,1 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de água destilada. Após 5 minutos, adicionou-se 0,4 mL de Na₂CO₃ (14%) e completou-se o volume para 10 mL. A solução foi agitada em vortex por alguns segundos e após mantida no escuro em temperatura ambiente por 30 minutos. Após esse período, a absorvância da solução foi medida em espectrofotômetro visível, em comprimento de onda de 765 nm, contra um branco de referência. Os fenóis totais foram calculados a partir de uma curva de calibração com padrão de ácido gálico, e expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de matéria seca (MS). A concentração de ácido gálico utilizado para a curva de calibração foi de 0,002 a 0,01 mg/mL.

Para avaliação do conteúdo de flavonoides, juntou-se 0,5 mL da solução extrativa citada acima, 4 mL de água destilada e 0,3 mL de NaNO₂ (5%). A solução foi agitada por alguns segundos em vortex e mantida à temperatura ambiente por 5 minutos. Em seguida, adicionou-se 0,3 mL de AlCl₃ (10%), agitou-se novamente em vortex e manteve-se a solução à temperatura ambiente por mais 5 minutos. Posteriormente, acrescentou-se 2 mL de NaOH (1M) e 2,4 mL de água destilada. Procedeu-se imediatamente à leitura da absorvância em espectrofotômetro à 510 nm, utilizando um branco de referência. O

conteúdo total de flavonoides foi calculado a partir de uma curva de calibração utilizando rutina como substância de referência, e expresso em rutina (RUT)/g MS. Para a realização da curva de calibração utilizou-se rutina nas concentrações de 0,01 a 0,08 mg/mL.

As saponinas foram determinadas pela técnica do índice de espuma, onde 1 g do material vegetal foi submetido à extração por decocção com 50 mL de água destilada, por 30 minutos, posteriormente filtrado para um balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água destilada. Este decocto foi transferido para tubos de ensaio, de iguais dimensões, em séries sucessivas de 1, 2, 3 até 10 mL. O volume de líquido de cada tubo foi ajustado até 10 mL, para posterior agitação por 15 segundos, e após um período de repouso de 15 minutos observou-se a formação de espuma e mediu-se a altura da espuma formada. Assim, calculou-se o índice afrosimétrico pela equação $1000/A$, sendo A o volume (mililitros) do decocto usado para preparação da diluição no tubo onde a espuma foi observada (FARMACOPÉIA, 2010).

Para avaliações de componentes de rendimento de grãos em estágio de maturação fisiológica, coletaram-se dez plantas por repetição onde foram determinadas a estatura, número de nós total e férteis na haste principal, número e comprimento de ramificações, estratificação de legumes com 0, 1, 2, 3 e 4 grãos e peso de mil grãos. Para rendimento de grãos efetuou-se a colheita com colhedora de parcelas, de três linhas centrais por quatro metros de comprimento. Após, realizou-se a pesagem e a determinação da umidade da amostra, que posteriormente a umidade corrigida para 13%.

Os dados de metabólitos secundários do Experimento I e de componentes de rendimento de ambos experimentos foram submetidos a análise de variância pelo teste de F ($\leq 0,05$), e quando significativos procedeu-se a comparação de média por Tukey. Os dados de metabólitos secundários do Experimento II foram submetidos a análise pelo teste t ($\leq 0,05$). Para estes dados, utilizou-se a análise através do teste t, pois a coleta das plantas foi realizada em momentos diferentes.

5.4 Resultados e Discussão

Os resultados de fenóis totais (R2 e R5) e flavonoides (R5) indicaram não haver interação entre densidade de plantas de soja e períodos de convivência no Experimento I (Tabela 1). Para estas variáveis o efeito simples de densidade também não foi observado. Já, para os períodos de convivência, na coleta em R2 verificou-se o aumento no teor de fenóis totais quando a competição iniciou em V2, porém não diferiu de V4 e da testemunha. Para o período iniciado no mesmo dia da semeadura da soja, observou-se menor conteúdo de fenóis totais, porém sem diferir dos períodos iniciados em V4 e a testemunha (Tabela 1).

Tabela 1 - Fenóis totais e flavonoides de plantas de soja submetidas a densidades de cultivo da soja e períodos de convivência com milho em estádios de coleta R2 e R5. Passo Fundo, 2015-2016

Fonte de variação	Fenóis totais (mg EAG/g MS)		Flavonoides (mg RUT/g MS)
	R2	R5	R5
Densidade (mil pl/ha)			
175	3,05 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,79 ^{ns}
350	2,83	1,97	0,79
Período de convivência			
Testemunha	3,01 ab	1,85 ^{ns}	0,75 ^{ns}
V0-R8	2,66 b	1,88	0,77
V2-R8	3,30 a	2,05	0,89
V4-R8	2,79 ab	1,86	0,76
CV (%)	14,32	21,47	28,06

Fonte: Dados do autor.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); EAG: equivalentes de ácido gálico; RUT: rutina; MS: matéria seca; V0: mesmo dia de semeadura da soja; V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida; V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida; R8: maturação fisiológica; R2: florescimento pleno; R5: enchimento de grãos; e CV: coeficiente de variação.

Quando os flavonoides foram avaliados no estágio R2 observou-se interação de densidade de plantas de soja e períodos de convivência, onde o maior teor adveio da competição iniciada em V2, para ambas densidades, apesar de não diferir dos demais

tratamentos (Tabela 2). Observa-se que o período de convivência iniciado no dia da semeadura da soja diminuiu o conteúdo de flavonoides na coleta de R2 para ambas densidades. Na avaliação em R5, os teores de flavonoides foram similares entre os períodos de convivência (Tabela 1).

Tabela 2 - Flavonoides de plantas de soja submetidas a períodos de convivência com milho e duas densidades de cultivo de soja no estágio de coleta R2. Passo Fundo, 2015-2016

Período de convivência	Flavonoides (mg RUT/g MS)	
	Densidade (mil pl/ha)	
	175	350
Testemunha	1,26 a A	1,15 a A
VO-R8	1,11 a A	1,03 a A
V2-R8	1,35 a A	1,28 a A
V4-R8	1,17 a A	1,12 a A
CV (%)	13,50	

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); RUT: rutina; MS: matéria seca; V0: mesmo dia de semeadura da soja; V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida; V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida; R8: maturação fisiológica; R2: florescimento pleno; R5: enchimento de grãos; e CV: coeficiente de variação.

Para o conteúdo de saponinas, não se observou interação para densidades e períodos de convivência no Experimento I (Tabela 3). Porém, para os períodos de convivência é possível observar que a competição com planta daninha aumentou o conteúdo deste metabólito nos dois estádios de coleta. Os aumentos mais expressivos foram nos períodos de convivência de V0-R8 e V4-R8, já em V2-R8 para ambos estádios de coleta este conteúdo foi menor em relação aos demais períodos, mas permaneceu maior do que a testemunha sem competição.

Tabela 3 - Saponinas de plantas de soja submetidas a duas densidades de cultivo de soja e períodos de convivência com milho em dois estádios de coleta R2 e R5. Passo Fundo, 2015-2016

Fonte de variação	Saponinas (índice afrosimétrico)	
	R2	R5
Densidade (mil pl/ha)		
175	458,33 ^{ns}	718,75 ^{ns}
350	453,12	781,25
Período de convivência		
Testemunha	354,17 ab	687,50 ^{ns}
V0-R8	510,42 b	875,02
V2-R8	406,25 a	750,02
V4-R8	552,08 ab	875,03
CV (%)	43,19	37,80

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); V0: mesmo dia de semeadura da soja; V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida; V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida; R8: maturação fisiológica; R2: florescimento pleno; R5: enchimento de grãos; e CV: coeficiente de variação.

No Experimento I foi possível inferir que o conteúdo de fenóis totais e flavonoides diminuiu quando a soja esteve em competição com milho, porém quando o período de convivência iniciou no estágio da soja V2, o conteúdo destes metabólitos aumentou. O teor de saponinas, neste experimento, aumentou quando em competição com milho, porém quando a competição iniciou em V2 diminuiu, mas sem se equivaler a testemunha sem competição. Estes dados demonstram que a presença de plantas daninhas durante todo o ciclo da soja diminuiu o conteúdo de fenóis totais e consequentemente de flavonoides que são um grupo pertencente aos fenóis.

No Experimento II, no manejo de arranque dos rebrotes de plantas de buva, o conteúdo de fenóis totais foi menor quando em competição no período de convivência de V0-R3, já o período de V0-R6 a presença da buva aumentou este conteúdo (Tabela 4). Resultado semelhante foi encontrado para o conteúdo de flavonoides no período de V0-R2 e V0-R6 onde a presença da buva aumentou este metabólito secundário. Já no período de V0-R4 a presença da buva diminuiu o teor de flavonoides (Tabela 4). Para saponinas, houve aumento quando a competição com buva ocorreu no período de V0-R3 e V0-R4.

Mas quando a competição se estendeu de V0 a R6 a presença da planta daninha levou a redução de 50% no conteúdo de saponinas (Tabela 4).

Tabela 4 - Fenóis totais, flavonoides e saponinas de plantas de soja submetidas a presença ou não de plantas daninhas em períodos de convivência no manejo de arranque da buva (*Conyza* spp.). Passo Fundo, 2016-2017

Períodos de convivência	Arranque								
	Fenóis Totais (mg EAG/g MS)			Flavonoides (mg RUT/g MS)			Saponinas (índice afrosimétrico)		
	Sem Planta	Com Planta	Valor p	Sem Planta	Com Planta	Valor p	Sem Planta	Com Planta	Valor p
	Daninha	Daninha		Daninha	Daninha		Daninha	Daninha	
V0-R2	2,75	2,76	0,493	1,15	1,37	0,010	750,00	750,00	0,500
V0-R3	3,21	2,37	0,010	1,04	1,06	0,450	333,33	500,00	<0,001
V0-R4	2,62	2,47	0,131	1,28	1,12	0,041	333,33	708,33	0,036
V0-R5	2,04	2,19	0,321	1,13	0,98	0,207	750,00	500,00	0,067
V0-R6	1,92	2,43	0,033	0,74	0,98	0,028	1000,00	458,33	<0,001

Nota: A diferença foi considerada significativa quando os valores de p foram iguais ou inferiores a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); EAG: equivalentes de ácido gálico; RUT: rutina; MS: matéria seca; V0: semeadura; R2: florescimento pleno; R3: início da formação do legume; R4: legume completamente desenvolvido; R5: início do enchimento do grão; R6: grão cheio ou completo.

No manejo de corte dos rebrotes de buva, onde a competição continuou através do sistema radicial, o conteúdo de fenóis totais foi modificado apenas no período de convivência de V0-R3 onde a presença da planta daninha diminuiu este metabólito (Tabela 5). O conteúdo de flavonoides aumentou quando da presença de buva nos períodos de V0-R2 e V0-R6, e diminuiu no período de V0-R3 (Tabela 5). Para saponinas não se observou diferença quando da presença ou ausência de buva nos períodos de convivência (Tabela 5).

Existem vários fatores que influenciam o metabolismo secundário das plantas como, por exemplo, altas densidades de plantas (RIVOAL et al., 2011), diferentes proporções entre plantas daninhas e a cultura (AGOSTINETTO et al., 2016), cultivares e condições de crescimento (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016). Nas raízes de soja, o conteúdo de flavonoides foi reduzido quando em competição com plantas daninhas, o que leva a redução do número de nódulos nas raízes, pelos flavonoides serem sinalizadores para as bactérias simbióticas (GAL et al., 2015). Para a cultura da

soja, o estresse da competição é comparável aquele induzido por fatores bióticos e abióticos (AGOSTINETTO et al., 2016). Assim, é possível entender que as modificações nos metabólitos secundários alteram inúmeras características das plantas, e por isso dá importância em descobrir os possíveis causadores a fim de evitá-los durante o cultivo.

Tabela 5 - Fenóis totais, flavonoides e saponinas de plantas de soja submetidas a presença ou não de plantas daninhas em períodos de convivência no manejo de corte do rebrote de buva (*Conyza* spp.). Passo Fundo, 2016-2017

Períodos de convivência	Corte								
	Fenóis Totais (mg EAG/g MS)			Flavonoides (mg RUT/g MS)			Saponinas (índice afosimétrico)		
	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p	Sem	Com	Valor p
	Planta	Planta		Planta	Planta		Planta	Planta	
Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha	Daninha		
V0-R2	2,19	2,55	0,069	0,83	1,13	0,003	750,00	875,00	0,268
V0-R3	2,41	2,08	0,002	1,12	0,95	0,034	416,66	499,99	0,324
V0-R4	2,80	2,54	0,166	1,25	1,08	0,113	416,66	416,66	0,500
V0-R5	2,53	2,10	0,087	1,25	1,00	0,115	500,00	625,00	0,178
V0-R6	2,62	2,62	0,489	0,90	1,19	0,003	333,33	416,66	0,067

Nota: A diferença foi considerada significativa quando os valores de p foram iguais ou inferiores a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); EAG: equivalentes de ácido gálico; RUT: rutina; MS: matéria seca; V0: semeadura; R2: florescimento pleno; R3: início da formação do legume; R4: legume completamente desenvolvido; R5: início do enchimento do grão; R6: grão cheio ou completo.

As isoflavonas são um grupo de flavonoides, que em soja são afetadas pela origem das cultivares, em caso de sementes são afetadas pelo peso destas e por fatores ambientais (KIM et al., 2012). Daidzina, daidzeína, genistina, genisteína e gliciteína são isoflavonóides encontrados em diferentes cultivares de soja (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016; KIM et al., 2012), e em distintas concentrações nos órgãos vegetais, onde a maior concentração é encontrada nos grãos seguidos das folhas (SEO et al., 2017). As isoflavonas genisteína e daidzeína são as mais abundantes e apresentam efeito anticancerígeno (PEREIRA; CARDOZO, 2012) assim, qualquer fator que leve a diminuição destes compostos não é interessante do ponto de vista de importância desta espécie para a saúde humana.

Além das isoflavonas, a soja possui inúmeras saponinas que são um tipo de terpeno. Estas são um grupo diversificado de metabólitos secundários com uma ampla gama de atividades, com papel importante na saúde humana. Na soja, as soysaponinas são as principais representantes (TANTRY; KHAN, 2013). Em cultivares de soja chinesas foram detectados 13 componentes de saponinas incluindo os novos grupos α e β , e os grupos A, DDMP e B (TAKAHASHI et al., 2017). A concentração destes compostos é influenciada pela origem dos genótipos, por fatores ambientais como a localização e o ano de cultivo, condições ambientais como luz, temperatura, umidade e fertilidade do solo, e quando avaliadas em sementes são influenciadas pelo peso destas (KIM et al., 2012). Com nossos resultados não foi possível identificar quais eram os tipos de compostos, pois foram testes gerais, mas a resposta foi possível identificar pois de maneira geral houve mudanças no metabolismo secundário decorrentes da competição.

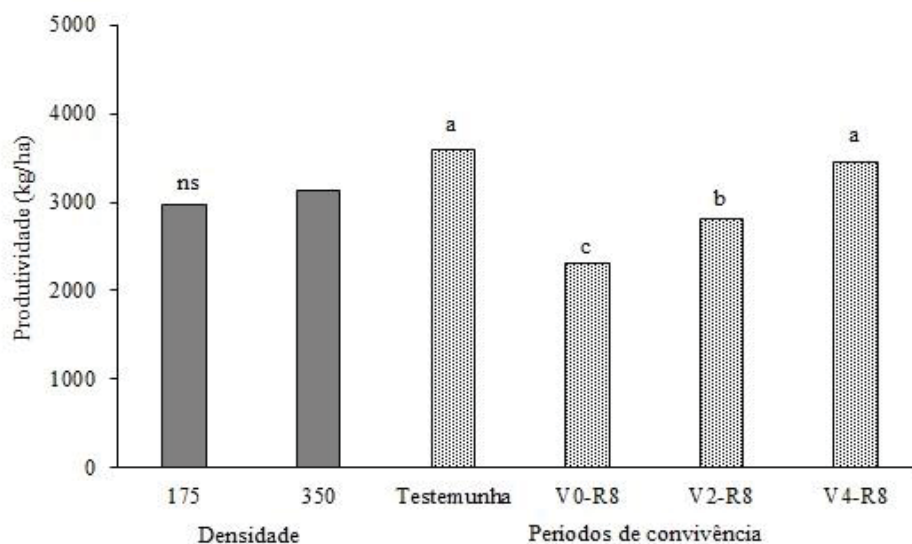
O rendimento de grãos da soja no Experimento I não foi influenciado pelas densidades de cultivo da cultura, mas apresentou diferença significativa entre os estádios de início da competição com o milho (Figura 1). Quando o milho, considerado como a planta daninha no experimento, foi semeado no mesmo dia em que a cultura e permaneceu até o final do ciclo, houve uma redução no rendimento de 36%. Plantas daninhas que emergem anteriormente ou junto com a cultura possuem maior potencial competitivo em relação a cultura (PIASECKI, 2015; TIRONI et al., 2014). Exemplo disso, são as plantas daninhas de ocorrência voluntária *Galinsoga parviflora*, *Digitaria horizontalis*, *Brachiaria decumbens*, *Amaranthus retroflexus*, *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* entre outras, em competição com soja por todo o ciclo da cultura, reduziram o rendimento em 30% (MARANGONI et al., 2013). A soja ao competir com milho emergido dez dias antes e no mesmo dia produziu em média 382% e 241% a menos em relação a soja em competição com milho emergido dez dias após a emergência da cultura (PIASECKI, 2015). Cultivares de soja ao competir com milho nas densidades de 10 e 30 plantas/m² semeados no mesmo dia da cultura, apresentaram

redução média no rendimento de 80% (SCHNEIDER; ROCKENBACH; BIANCHI, 2014).

As plantas daninhas emergidas anteriormente a cultura possuem acesso prioritário aos recursos do ambiente, e assim, possuem características morfológicas que aumentam o potencial competitivo destas em relação a cultura. Cevada em competição com o azevém apresentou número de colmos de 96,87 quando a planta daninha emergiu 14 dias após a cultura, quando a planta daninha emergiu 14 dias antes, a cultura apresentou 18,47 colmos (TIRONI et al., 2014). Plantas de milho emergidas antes ou junto com a soja na densidade de 16 plantas/m² apresentaram área foliar de 11,34 cm², quando emergiram após a soja esta mesma densidade de plantas apresentou área foliar de 2,21 cm² devido a competição imposta pela soja, o que afirma que plantas emergidas após a cultura apresentam baixo potencial competitivo comparadas as emergidas antes ou junto com a cultura (MARQUARDT; KRUPKE; JOHNSON, 2012). Maiores intervalos entre a dessecação e a sementeira da soja, proporcionam condições prioritárias de crescimento das plantas daninhas, e assim, possuem vantagem competitiva frente a cultura o que causa maior impacto negativo sobre o rendimento (RIZZARDI; FLECK; AGOSTINETTO, 2003).

As plantas daninhas que emergem posteriormente a cultura são menos competitivas em termos de rendimento (SARAIVA et al., 2013; SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015; TIRONI et al., 2014), pois a cultura atua como um controle cultural sobre as espécies o que diminui o potencial de crescimento e de competição destas; frente os cultivos. Como foi possível observar quando a sementeira do milho ocorreu em estágio V2 da soja a redução foi de 22%, já em V4 a redução foi de 4% não diferindo estatisticamente da testemunha sem competição (Figura 1). É possível afirmar que as maiores reduções no rendimento da soja quando em competição com plantas daninhas, ocorrem quando a competição começar no início do desenvolvimento da cultura e no estágio V2.

Figura 1 - Rendimento de soja submetida a densidades de semeadura¹ e períodos de convivência com milho. Passo Fundo, 2015-1016



Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna de mesma cor, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV (coeficiente de variação) (%) densidades: 13,15; períodos de convivência: 9,12; V0: mesmo dia de semeadura da soja; V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida; V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida; R8: maturação fisiológica.

¹ Em mil pl/ha.

A soja em estágio V4 apresenta maior área foliar com subsequente maior sombreamento do solo, o que suprime o desenvolvimento de plantas daninhas no dossel vegetativo, e assim torna a interferência sobre a cultura menor. Quando plantas de *Brachiaria brizantha*, 'BRS Piata', e *B. ruziziensis* foram semeadas 24 dias após a emergência da soja, observou-se o maior efeito competitivo da soja, cultivar M-8766 RR, sobre a planta daninha, onde a redução em rendimento foi menor comparada a semeadura de 12 dias após a emergência da soja (SARAIVA et al., 2013), assim justifica-se que pelo maior desenvolvimento da cultura aos 24 dias do que aos 12 dias.

Além disso, a densidade de plantas da cultura afeta significativamente a velocidade de fechamento das entrelinhas (BALBINOT JUNIOR et al., 2016), o que está diretamente relacionado a supressão cultural de plantas daninhas. Neste trabalho, a

densidade da cultura não afetou significativamente o rendimento, isto ocorre, pois, a cultura da soja apresenta alta plasticidade, com potencial de compensar o menor número de plantas em maior número e comprimento das ramificações, número de legumes e de grãos (Tabela 6).

A competição entre cultura e planta daninha compromete o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, dentre elas, o número de legumes é o mais responsivo as alterações causadas pelo estresse da competição (LAMEGO et al., 2004; TREZZI et al., 2015). Neste trabalho observou-se que a presença de milho reduziu o número de legumes e conseqüentemente o número de grãos das plantas de soja em todos os períodos de competição, onde a menor densidade de soja apresentou as maiores reduções (Tabela 6). A competição durante todo o ciclo da cultura da soja reduziu o número de legumes em 40% e 24% nas densidades de 175 e 350 mil pl/ha respectivamente, o que corrobora com a redução de 36% encontrada por Lamego et al. (2004) quando a soja esteve em competição por todo o ciclo.

Os resultados obtidos podem ser associados a trabalhos onde testaram-se diferentes níveis de infestação e de origem de plantas daninhas com épocas de emergência, o que afirma que a competição reduz estes componentes de rendimento. Em áreas com infestação de plantas daninhas nos níveis de baixo, médio e alto verificou-se redução de até 58, 71 e 78% respectivamente, no número de legumes por planta (SILVA et al., 2008). A soja em competição com milho, originado de plantas voluntárias e de touceiras, apresentou valor médio de número de legumes de 10; 9,5 e 18,5, e de número de grãos de 22; 21 e 38 por planta quando o milho emergiu dez dias antes, no mesmo dia e dez dias após a emergência da soja, respectivamente (PIASECKI, 2015).

O que confirma os resultados obtidos no presente estudo onde a competição com plantas daninhas apresentou as maiores reduções para número de legumes e de grãos na competição iniciada na emergência da cultura, e que a competição iniciada no estágio V4 apresentou as menores reduções, pois havia uma supressão da cultura sobre a espécie infestante. Dentre as densidades, a de 175 mil pl/ha foi estatisticamente superior à de 350 mil pl/ha apresentando praticamente o dobro de legumes e de grãos na testemunha sem

competição (Tabela 6), o que corrobora com Balbinot Junior et al. (2016) que em densidade menor de soja encontraram quatro vezes mais legumes que na densidade maior. Este aumento está relacionado ao maior número de ramificações das plantas em baixas densidades, o que está diretamente relacionado ao maior potencial de nós nas ramificações com consequente maior número de legumes (MAUAD et al., 2010).

Tabela 6 - Total de legumes e de grãos de plantas de soja sob densidades de semeadura da soja e períodos de convivência com milho. Passo Fundo, 2015-2016

Período de convivência	Total legumes		Total grãos	
	Densidade (mil pl/ha)		Densidade (mil pl/ha)	
	175	350	175	350
Testemunha	72,77 a A	39,23 ab B	172,90 a A	93,95 ab B
V0-R8	43,31 c A	29,72 b B	102,04 c A	69,15 b B
V2-R8	47,98 c A	37,64 ab B	110,98 c A	86,97 ab B
V4-R8	59,73 b A	40,61 a B	143,73 b A	94,31 a B
CV (%)	Densidade: 17,71		Densidade: 19,89	
CV (%)	Tratamento: 11,27		Tratamento: 11,38	

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); V0: mesmo dia de semeadura da soja; V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida; V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida; R8: maturação fisiológica; CV: coeficiente de variação.

O peso de mil grãos não apresentou diferença significativa entre as densidades e os períodos avaliados (Tabela 7). Afirma-se, a partir dos dados deste experimento, que a emergência do milho em estádios mais avançados da soja, provocam pouca interferência sobre a cultura em comparação a competição iniciada juntamente com a cultura. Além disso, a densidade de 175 mil pl/ha torna a cultura da soja mais suscetível a competição com plantas daninhas.

O Experimento II não apresentou interação significativa para o rendimento de grãos da cultura da soja entre os manejos realizados nos rebrotes de plantas de buva e os períodos de convivência (Figura 2). Apesar dos rebrotes apresentarem desenvolvimento avançado quando foram manejados antes da semeadura, a retomada do crescimento durante o cultivo da soja não foi suficiente para interferir significativamente no rendimento da cultura. Atualmente, as condições de mau manejo das plantas daninhas, ou

seja, a falta de controle das espécies durante o inverno antecedendo a cultura da soja, mantêm a presença destas plantas com grande desenvolvimento na colheita dos cereais de inverno. Este corte efetuado pela colhedora, estimula um rebrote posterior durante o cultivo de verão. Esta situação tem se tornado muito comum na região norte do Rio Grande do Sul, o que estimula o estudo sobre a influência destes rebrotos em estádios mais avançados, ou seja, na fase reprodutiva, da cultura da soja.

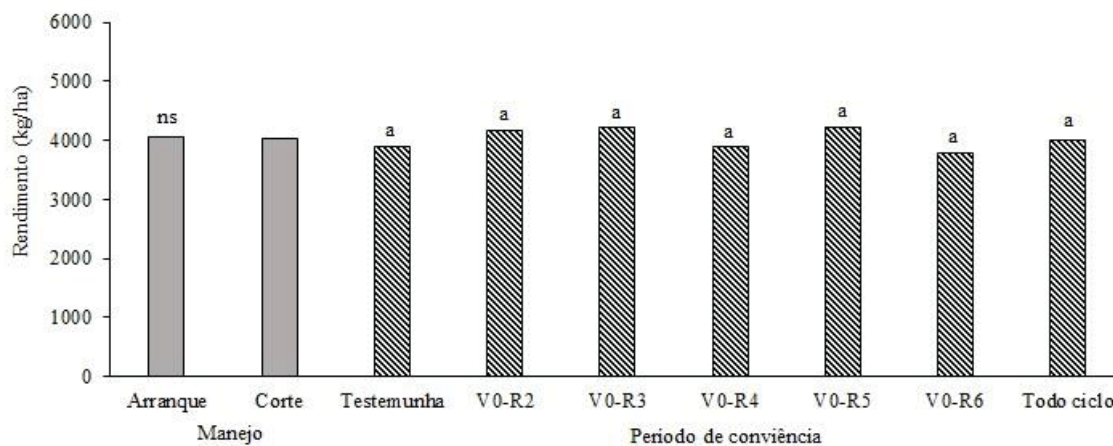
Tabela 7 - Peso de mil grãos (PMG) da soja submetida a densidades de semeadura e períodos de convivência com milho. Passo Fundo, 2015-2016

Fonte de Variação	PMG (g)
Densidade (mil pl/ha)	
175	151,00 ^{ns}
350	158,69
CV (%)	7,10
Período de convivência	
Testemunha	154,69 ^{ns}
V0-R8	156,72
V2-R8	152,17
V4-R8	155,80
CV (%)	5,03

Nota: ns: não significativo; V0: mesmo dia de semeadura da soja; V2: segundo nó, primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida; V4: quarto nó, terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida; R8: maturação fisiológica; CV: coeficiente de variação.

Acredita-se que os atuais problemas com rebrotos de plantas daninha durante o cultivo da soja, possam ter maior interferência negativa pois as plantas já apresentam sistema radicular estabelecido, o que lhes confere um rápido estabelecimento e potencial de competição após a retomada do crescimento. Nas condições de realização deste experimento, foi possível observar que os rebrotos de plantas de buva durante a cultura da soja não reduziram o rendimento de grãos.

Figura 2 - Rendimento da soja submetida a competição com rebrotes de buva manejados por arranque ou corte em períodos de convivência da soja com plantas de buva (*Conyza* spp.). Passo Fundo, 2016-2017



Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna de mesma cor, não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); V0: início do desenvolvimento da cultura; R2: florescimento pleno; R3: início da formação do legume; R4: legume completamente desenvolvido; R5: início do enchimento do grão; R6: grão cheio ou completo; todo ciclo: competição durante todo o ciclo da cultura; CV (coeficiente de variação) (%): manejos: 7,03; períodos de convivência: 7,63.

Os manejos realizados nas plantas de buva em distintos estádios não modificaram o potencial competitivo da espécie daninha frente a cultura, mesmo mantendo-se a raiz e algumas folhas para que a competição continuasse até o final do ciclo, isto não se demonstrou suficiente para interferir no rendimento da cultura. Bem como, não foi possível observar alteração no rendimento decorrente do estádio da soja onde o manejo foi realizado quando comparado a testemunha e a competição por todo ciclo.

Os componentes de rendimento total de legumes, total de grãos e peso de mil grãos não apresentaram significância entre os manejos e os períodos de convivência da soja com as plantas de buva (Tabela 12).

Tabela 8 - Componentes de rendimento total legumes (TL), total de grãos (TG) e peso de mil grãos (PMG) da soja submetida a competição com rebrotes de buva (*Conyza spp.*) manejados por arranque ou corte em diferentes períodos de conviência. Passo Fundo, 2016-2017

Fonte de Variação	Componentes de rendimento		
Rebrote	TL	TG	PMS
Arranque	45,49 ^{ns}	116,29 ^{ns}	150,00 ^{ns}
Corte	44,85	115,11	152,00
CV (%)	17,18	17,91	7,00
Estádios			
Testemunha	46,42 ^{ns}	119,49 ^{ns}	154,00 ^{ns}
V0-R2	48,44	124,29	154,50
V0-R3	44,25	114,44	156,52
V0-R4	44,63	114,92	157,25
V0-R5	41,87	105,36	154,26
V0-R6	45,08	115,27	155,18
Todo ciclo	45,51	116,13	156,25
CV (%)	8,41	9,52	9,00

Nota: ns: não significativo; V0: início do desenvolvimento da cultura; R2: florescimento pleno; R3: início da formação do legume; R4: legume completamente desenvolvido; R5: início do enchimento do grão; R6: grão cheio ou completo; todo ciclo: competição durante todo o ciclo da cultura; CV: coeficiente de variação.

5.5 Conclusões

O milho que se desenvolve após o estágio V4 da soja, e plantas de buva rebrotadas durante o cultivo não alteram negativamente o metabolismo secundário, o rendimento de grãos e os componentes de rendimento da cultura.

6 CAPÍTULO IV

Densidades de buva (*Conyza* spp.) não alteram a constituição bioquímica, rendimento de grãos e os componentes de rendimento da soja

6.1 Resumo

A dessecação realizada antes da semeadura da soja, frequentemente, não controla totalmente os biótipos, o que possibilita que estes se desenvolvam concomitantemente com a cultura ou iniciem o rebrote posteriormente, em estádios vegetativos finais e reprodutivos. Atualmente, esta situação é comum na região norte do Rio Grande do Sul, e assim, objetivou-se avaliar se há alteração na constituição bioquímica, rendimento de grãos e nos componentes de rendimento da soja submetida a interferência de densidades de buva (*Conyza* spp.). Os experimentos foram conduzidos a campo, sendo o experimento I no ano agrícola 2015/2016, e o experimento II no ano agrícola 2016/2017 em áreas agrícolas no município de Chapada/RS. Antes da semeadura, realizou-se manejo de dessecação em área total, posteriormente, observou-se na área reboleiras de plantas de buva que não foram totalmente controladas o que possibilitou o rebrote posterior, e associadas a estas um novo fluxo de emergência. Estas reboleiras foram escolhidas para a instalação dos experimentos, onde as parcelas foram alocadas de acordo com as densidades de plantas de buva encontradas naturalmente na área. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se das densidades de plantas de buva de 0, 1, 3, 6, 9 e 15 plantas/m². Nos dois experimentos foi utilizada a cultivar de soja BMX Tornado RR. Avaliou-se os constituintes bioquímicos: fenóis totais, flavonoides e saponinas, e o rendimento de grãos e seus componentes. Os teores dos metabólitos secundários fenóis totais, flavonoides e saponinas aumentaram com o acréscimo da densidade de plantas de buva (*Conyza* spp.). O rendimento de grãos e os componentes de rendimento total de legumes e total de grãos, são reduzidos quando em competição com distintas densidades de buva (*Conyza* spp.).

Palavras-chave: 1. Interferência de plantas daninhas. 2. Buva. 3. Compostos fenólicos. 4. Flavonoides. 5. Saponinas. 6. Produtividade.

6.2 Introdução

O rendimento de uma cultura é definido pela interação entre planta, manejo e ambiente de produção (RIBEIRO et al., 2017). Os altos rendimentos são obtidos quando

o genótipo apresenta alto potencial produtivo e capacidade de adaptação ao ambiente, combinados com os sistemas de cultivo e manejo exigidos pela cultura (MAUAD et al., 2010). Dentre as causas que afetam negativamente o rendimento dos cultivos agrícolas, estão as plantas daninhas através da competição por recursos do meio. As relações de interferência entre plantas daninhas e as culturas dependem de fatores como espécie, densidade e distribuição das plantas daninhas, cultivar, espaçamento e densidade da cultura, além das condições do ambiente e o período em que houver a convivência (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007, p. 6).

O impacto imposto pela densidade de plantas daninhas é influenciado pela espécie em competição, pois plantas daninhas pertencentes à mesma família da cultura, possuem maior potencial de interferência (FARIA; BARROS; TUFFI SANTOS, 2014). Este estresse causado à cultura, reflete em alterações morfofisiológicas que afetam o rendimento (FERREIRA et al., 2015; LAMEGO et al., 2005). Trabalhos afirmam redução no rendimento decorrente das densidades de plantas daninhas em competição (FARIA; BARROS; TUFFI SANTOS, 2014; PAGNONCELLI et al., 2017; TREZZI et al., 2013; TREZZI et al., 2015).

Atualmente, a buva (*Conyza* spp.) é uma das principais plantas daninhas na cultura da soja na região Sul do Brasil. Em decorrência de possuir alta adaptabilidade aos sistemas de produção e da evolução de biótipos resistentes ao herbicida glifosato (LAMEGO et al., 2013). A ocorrência de biótipos resistentes implica na necessidade de adoção de manejo integrado de plantas daninhas, de modo que o controle não seja totalmente dependente dos herbicidas (TREZZI et al., 2013). Assim, deve-se considerar inicialmente que pelo potencial de competição ser dependente do período em que esta ocorrer, é necessário um controle total dos biótipos antes da semeadura da cultura, além disso, deve-se considerar o uso de culturas durante a estação de inverno, o que desfavorece o desenvolvimento das plantas daninhas (TREZZI et al., 2015). Neste contexto, ao utilizar culturas de coberturas no inverno, associadas a herbicidas em pré-emergência da cultura da soja, há a redução da emergência de biótipos de buva (LAMEGO et al., 2013).

Porém, frequentemente as aplicações em pré-emergência da soja não controlam totalmente os biótipos de plantas de buva, o que possibilita que estas se desenvolvam concomitantemente com a cultura ou iniciem o rebrote posteriormente, em estádios vegetativos finais e reprodutivos iniciais. Atualmente, esta situação é comum na região Norte do Rio Grande do Sul. Assim objetivou-se avaliar se há alteração na constituição bioquímica, rendimento de grãos e nos componentes de rendimento da soja submetida a interferência de densidades de buva (*Conyza* spp.).

6.3 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos a campo, sendo o Experimento I no ano agrícola 2015/2016, e o Experimento II no ano agrícola 2016/2017 em áreas agrícolas no município de Chapada/RS. O solo da área caracteriza-se por ser do tipo Latossolo Vermelho Distrófico (STRECK et al., 2008). Antes da semeadura, realizou-se manejo de dessecação em área total com a associação de glifosato, clorimuron e paraquate, nas doses de 1620 g e.a/ha + 27,5 g i.a/ha + 600 g i.a/ha, respectivamente. Posteriormente, observou-se na área, que haviam reboleiras de plantas de buva que não foram totalmente controladas o que possibilitou o rebrote posterior; e, associadas a estas, um novo fluxo de emergência de plantas de buva. Estas reboleiras foram escolhidas para a instalação dos experimentos, onde as parcelas foram alocadas de acordo com as densidades de plantas de buva encontradas naturalmente na área.

O delineamento experimental foi blocos casualizados com quatro repetições. Nos dois experimentos, os tratamentos constituíram-se de densidades de plantas de buva (1, 3, 6, 9 e 15 plantas/m²), além de testemunha sem competição. Em ambos experimentos, foi utilizada a cultivar de soja BMX Tornado RR, que apresenta resistência ao herbicida glifosato, tipo de crescimento indeterminado e ciclo de 6.2 (BRASMAX, 2017). A semeadura da soja no ano agrícola 2015/2016 e no ano agrícola 2016/2017 ocorreu nos dias 18/11/2015 e 21/11/2016 respectivamente, com espaçamento entre linhas de 45 cm, densidade de 220 mil pl/ha e adubação de base de 300 kg/ha do adubo comercial Top Mix® (Yara do Brasil) com 02 23 23 NPK, respectivamente. Os manejos fitossanitários

foram realizados de acordo com a recomendação para a cultura da soja e foram realizados em área total com pulverizador autopropelido.

A safra 2016/2017 apresentou maior e melhor distribuição da precipitação pluvial quando comparado a safra 2015/2016. Além disso, a temperatura média nos meses de janeiro e fevereiro foi menor em 2016/2017 quando comparada a 2015/2016 (Quadro 1).

Quadro 1 - Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) mensais durante a condução dos experimentos nos anos de 2015-2016 e 2016-2017

Ano	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Total
PP 15/16	169,20	36,40	11,92	110,20	108,00	6,09	15,80	457,61
PP 16/17	346,00	312,60	159,80	82,90	169,70	120,00	332,80	1523,80
TM 15/16	19,11	20,08	22,00	23,86	23,12	20,44	20,75	-
TM 16/17	18,33	20,67	22,41	22,69	22,89	21,44	18,32	-

Fonte: Cooperativa Triticola de Chapada Ltda.

As avaliações bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica do curso de Farmácia na Universidade de Passo Fundo (UPF), em Passo Fundo/RS. Na constituição bioquímica avaliou-se os metabólitos secundários fenóis totais, flavonoides e saponinas. Foram coletadas três plantas por repetição, de cada tratamento, em estágio fenológico da soja R2 (florescimento pleno) e R5 (enchimento de grãos) nos dois experimentos. As amostras foram secas em estufas a 50 °C até atingir massa constante. Esta temperatura foi escolhida para que não houvesse danos aos compostos do metabolismo secundário. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho vegetal e armazenadas em sacos plásticos, sendo estas mantidas no escuro até avaliação, para que não houvesse degradação pela luz.

Para fenóis totais e flavonoides, utilizou-se a metodologia de Josipovic et al. (2016), com modificações. A extração foi realizada com 0,5 g de material vegetal moído e 5 mL de metanol (contendo 1% de HCl) em ultrassom por 1 hora. Após as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 4 °C e 9000 rpm. A solução foi filtrada em membrana

filtrante de 0,45 µm e o volume completado para 5 mL. O extrato foi mantido no escuro durante os procedimentos.

Para a análise de fenóis totais, utilizou-se 0,2 mL da solução extrativa citada acima, 0,1 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de água destilada. Após 5 minutos, adicionou-se 0,4 mL de Na₂CO₃ (14%) e completou-se o volume para 10 mL. A solução foi agitada em vortex por alguns segundos e após mantida no escuro em temperatura ambiente por 30 minutos. Após esse período, a absorbância da solução foi medida em espectrofotômetro visível, em comprimento de onda de 765 nm, contra um branco de referência. Os fenóis totais foram calculados a partir de uma curva de calibração com padrão de ácido gálico, e expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG)/g matéria seca (MS). A concentração de ácido gálico utilizado para a curva de calibração foi de 0,002 a 0,01 mg/mL.

Para avaliação do conteúdo de flavonoides, juntou-se 0,5 mL da solução extrativa citada anteriormente, 4 mL de água destilada e 0,3 mL de NaNO₂ (5%). A solução foi agitada por alguns segundos em vortex e mantida à temperatura ambiente por 5 minutos. Em seguida, adicionou-se 0,3 mL de AlCl₃ (10%), agitou-se novamente em vortex e manteve-se a solução à temperatura ambiente por mais 5 minutos. Posteriormente, acrescentou-se 2 mL de NaOH (1M) e 2,4 mL de água destilada. Procedeu-se imediatamente à leitura da absorbância em espectrofotômetro à 510 nm, utilizando um branco de referência. O conteúdo total de flavonoides foi calculado a partir de uma curva de calibração utilizando rutina como substância de referência, e expresso em rutina (RUT)/g MS. Para a realização da curva de calibração utilizou-se rutina nas concentrações de 0,01 a 0,08 mg/mL.

As saponinas foram determinadas pela técnica do índice de espuma, onde 1 g do material vegetal foi submetido à extração por decocção com 50 mL de água destilada, por 30 minutos, posteriormente filtrado para um balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água destilada. Este decocto foi transferido para tubos de ensaio, de iguais dimensões, em séries sucessivas de 1, 2, 3 até 10 mL. O volume de líquido de cada tubo foi ajustado até 10 mL, para posterior agitação por 15 segundos, e após um período de

reposo de 15 minutos observou-se a formação de espuma e mediu-se a altura da espuma formada. Assim, calculou-se o índice afrosimétrico pela equação $1000/A$ sendo A o volume em mililitros, do decocto usado para preparação da diluição no tubo onde a espuma foi observada (FARMACOPÉIA, 2010).

Para avaliações de componentes de rendimento, em ambos experimentos, em estágio de maturação fisiológica, coletou-se 10 plantas por repetição onde determinou-se total de legumes e total de grãos. Para rendimento, efetuou-se a colheita de forma manual das três linhas centrais por quatro metros de comprimento. Após, realizou-se a pesagem e a determinação da umidade da amostra, e posteriormente a umidade foi corrigida para 13%. Os dados de metabólitos secundários, rendimento de grãos e componentes de rendimento foram submetidos a regressão.

6.4 Resultados e Discussão

No Experimento I, o metabólito secundário fenóis totais, em ambos estádios de coleta, apresentou incremento de 0,014 mg EAG/g MS para cada acréscimo de planta de buva (Figuras 1a e 1b), o que afirma a alteração no metabolismo secundário decorrente da competição com plantas de buva. Para flavonoides, neste experimento, observou-se significância apenas no estágio de coleta R5 (Figura 1c), onde o acréscimo de cada planta de buva, aumentou este metabólito em 0,0037 mg RUT/g MS. Bem como, para o metabólito secundário saponinas, onde o estágio de coleta R2 apresentou significância, com o aumento de 2,68 índice afrosimétrico deste metabólito, com o aumento da densidade (Figura 1d).

No Experimento II, apenas o estágio de coleta R5 apresentou significância para fenóis totais, com incremento de 0,013 mg EAG/g MS para cada incremento de planta de buva (Figura 2a). Para saponinas, o índice afrosimétrico apresentou um aumento de 4,53 para cada planta de buva adicionada à densidade (Figura 2b). E para flavonoides, observou-se que no estágio de coleta R2 houve uma diminuição de 0,012 mg RUT/g MS, e em R5 um aumento de 0,028 mg RUT/g MS com o acréscimo de cada planta de buva (Figura 2c e 2d).

Figura 1 - Fenóis totais em R2 (a) e R5 (b), flavonoides em R5 (c) e saponinas em R2 (d) de plantas de soja submetidas a densidades de plantas de buva no Experimento I. Chapada, 2015-2016

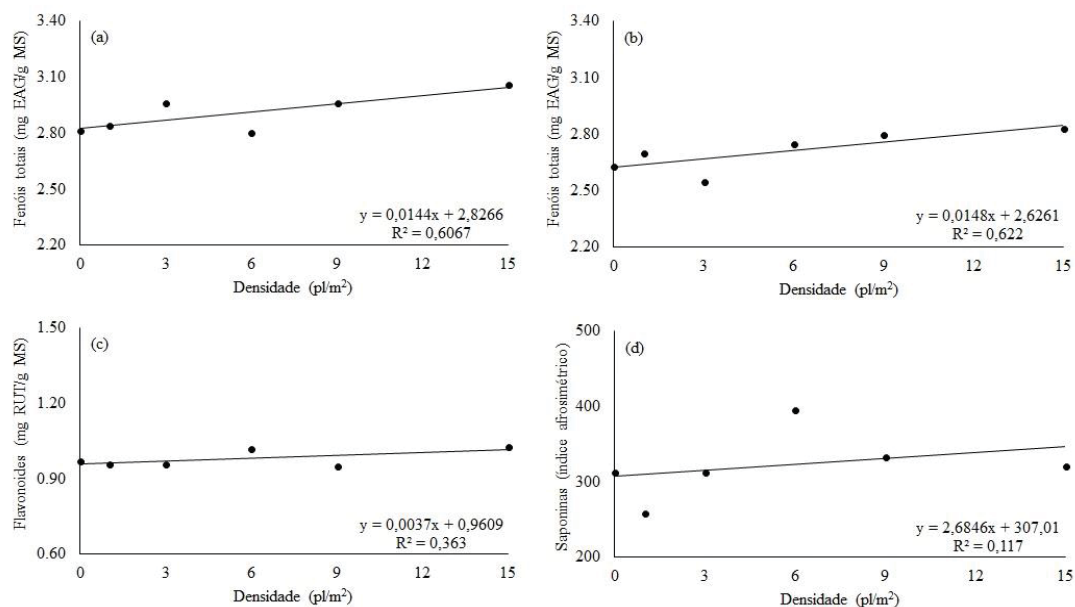
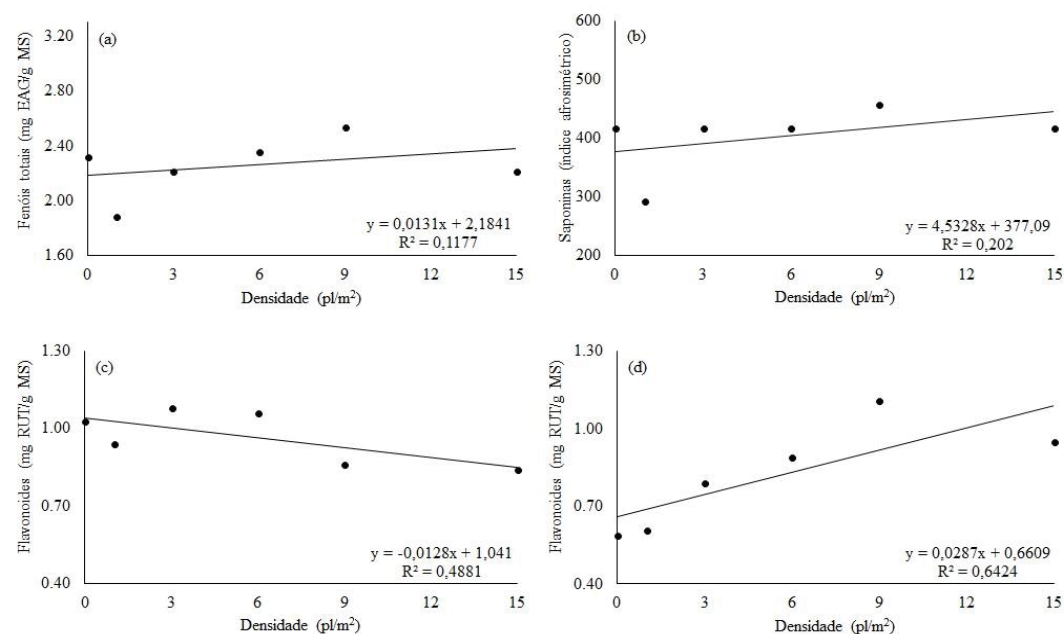


Figura 2 - Fenóis totais em R5 (a), saponinas em R5 (b), flavonoides em R2 (c) e R5 (d) de plantas de soja submetidas a densidades de plantas de buva no Experimento II. Chapada, 2016-2017



Assim, é possível afirmar que há alterações no metabolismo secundário decorrentes da competição com diferentes densidades de plantas daninhas. O grau de interferência da competição entre plantas sobre o metabolismo secundário é determinado por vários fatores, como as altas densidades de plantas (RIVOAL et al., 2011), diferentes proporções entre plantas daninhas e a cultura (AGOSTINETTO et al., 2016), cultivares e condições de crescimento (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016).

A densidade entre plantas, é um fator determinante no grau de alteração do metabolismo secundário, como observado em altas densidades de *Pinus halepensis* Mill. onde a concentração total de metabólitos diminuiu (RIVOAL et al., 2011). Já, para plantas de soja em competição com azevém suscetível e resistente ao herbicida glifosato, observou-se efeito não significativo quando do biótipo suscetível nas distintas proporções, porém, quando o biótipo resistente esteve em proporção igual ou superior a soja, ocorreu um aumento no conteúdo dos fenóis totais na cultura (AGOSTINETTO et al., 2016).

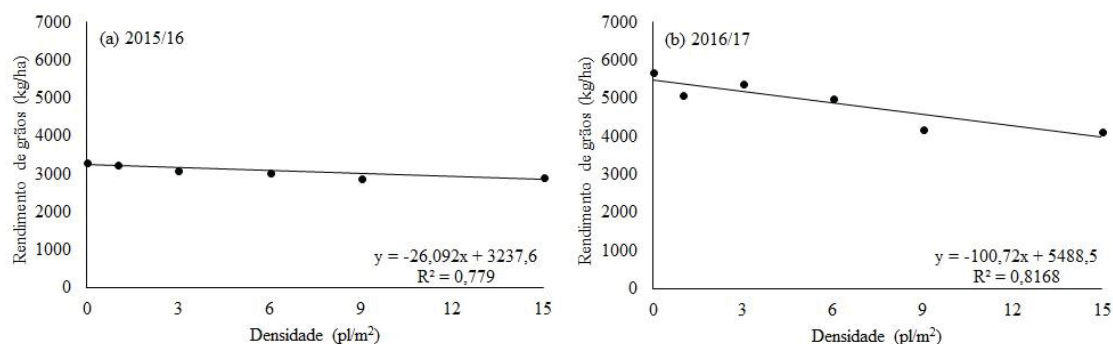
As isoflavonas, um grupo de flavonoides, na qual compõem daidzina, daidzeína, genistina, genisteína e gliciteína, que são encontradas em soja (JOHN; NATARAJAN; LUTHRIA, 2016; KIM et al., 2012), sendo suas maiores concentrações encontradas nos grãos seguidos das folhas (SEO et al., 2017). Dentre estas, genisteína e daidzeína são as mais abundantes e apresentam efeito anticancerígeno (PEREIRA; CARDOZO, 2012). Neste trabalho, foi possível apenas identificar alterações nos grandes grupos de metabólitos secundários, devido as metodologias utilizadas, assim, algumas alterações específicas, em nível de composto, podem não ter sido identificadas.

Para rendimento de grãos, nos Experimentos I e II observou-se redução de 26 e 100 kg/ha, respectivamente, com o acréscimo de uma planta de buva (Figura 4a e 4b). Esta redução afirma a maior sensibilidade das plantas de soja à competição no segundo ano agrícola. A safra de condução do Experimento I, apresentou grande precipitação, contudo, a safra do Experimento II foi caracterizada por elevada precipitação, com boa distribuição durante o desenvolvimento da cultura (Quadro 1). Além disto, as demais condições climáticas foram favoráveis, na safra do Experimento II, o que levou a altos

rendimentos, sendo esta, considerada como uma das maiores safras de soja na região nos últimos anos agrícolas.

A redução no rendimento de grãos da cultura é bastante variável quando se trata de densidades de plantas daninhas em competição, isto é influenciado pela espécie daninha, a cultura, o momento de emergência da planta daninha em relação a cultura e a duração do período de competição. Sob baixa densidade, a relação interespecífica predomina, sendo o impacto de cada planta na perda de rendimento de grãos aditivo e proporcional ao número de plantas, já em altas densidades, a área de influência de cada planta daninha, se sobrepõe e as limitações de recursos e assim, fazem com que o impacto da comunidade sobre o rendimento de grãos da cultura seja independente da densidade (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007, p. 6).

Figura 3 - Rendimento de grãos de soja submetida a competição com densidades de buva no Experimento I (a) e no Experimento II (b). Chapada, 2015-2017



Estudos já comprovaram que as distintas densidades e espécies de plantas daninhas durante os cultivos, acarretam diferentes respostas no rendimento de grãos. Exemplo disto, é a densidade de 10 kg/ha de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piata e *B. ruziziensis* que apresentaram as maiores reduções no rendimento de grãos da soja quando comparada a densidade de 5 kg/ha (SARAIVA et al., 2013). Assim como, para a maior densidade de plantas de buva quando associada ao maior intervalo de semeadura da planta daninha antecipando a emergência da cultura, maior é a perda no rendimento de grãos da soja (TREZZI et al., 2015).

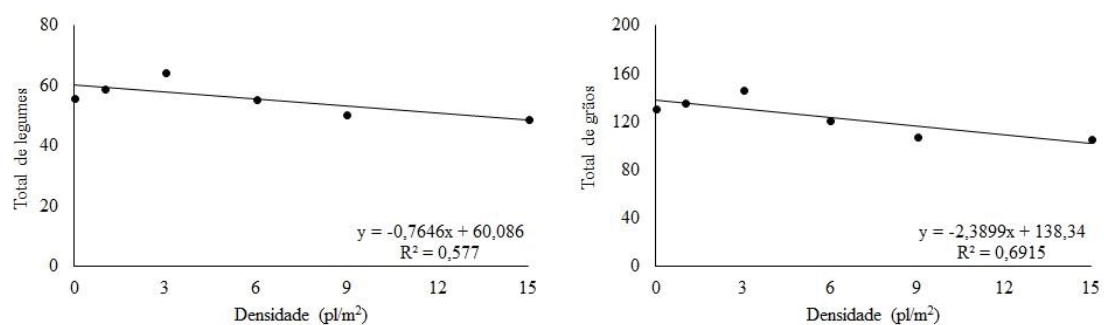
A soja ao competir com milho originado de segmentos de espigas, nas densidades de 1, 2 e 4 segmentos/m² apresentou redução de 20, 39 e 68% no rendimento de grãos da cultura, respectivamente (LÓPEZ-OVEREJO et al., 2016). Bem como, quando a competição ocorreu com espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) nas densidades de 1 e 20 plantas/m², o rendimento de grãos da soja foi reduzido em 26 e aproximadamente 80%, respectivamente (PAGNONCELLI et al., 2017). Cultivares de soja em competição com 13,3 plantas de buva/m² reduziram em média 25% o rendimento de grãos (TREZZI et al., 2013).

A maior redução em rendimento de grãos de soja ao competir com tiririca (*Cyperus rotundus*) foi encontrada na maior densidade avaliada (DAS; PAUL; YADURAJU, 2014), assim como ao competir com as densidades de 10 e 30 plantas/m² de milho, o aumento da densidade também reduziu o rendimento de grãos da soja (SCHNEIDER; ROCKENBACH; BIANCHI, 2014). O que corrobora com os dados deste trabalho, pois o aumento da densidade de plantas de buva acarretou perdas significativas no rendimento de grãos.

A redução no rendimento de grãos pode estar associada a aspectos fisiológicos, que estão diretamente relacionados a constituição dos componentes de rendimento. Exemplos destes, são a taxa transpiratória, transpiração, condutância estomática, eficiência do uso da água e matéria seca da parte aérea de soja que foram alteradas negativamente quando em competição com densidades de plantas de picão preto *Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha* (FERREIRA et al., 2015).

Para os componentes de rendimento total de legumes e total de grãos por planta, observou-se significância apenas no Experimento I (Figura 4). Onde, a cada acréscimo de planta de buva, houve uma diminuição de legumes na ordem de 0,76 e de grãos de 2,38. Assim, afirma-se o potencial da competição imposta pelas distintas densidades de plantas daninhas sobre os componentes de rendimento, onde dentre estes, o número de legumes é o mais responsivo a competição (LAMEGO et al., 2004; TREZZI et al., 2015).

Figura 4 - Componentes de rendimento total de legumes e total de grãos por planta de soja submetida a densidades de buva no Experimento I. Chapada, 2015-2016



6.5 Conclusões

Os teores dos metabólitos secundários fenóis totais, flavonoides e saponinas aumentaram com o acréscimo da densidade de plantas de buva (*Conyza* spp.). O rendimento de grãos e os componentes de rendimento total de legumes e total de grãos, são reduzidos quando em competição com distintas densidades de buva (*Conyza* spp.).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados durante os dois anos agrícolas, afirmam que as atuais práticas de manejo, que englobam o uso de herbicidas com ação residual na pré-emergência da soja, cultivares de soja com características de arquitetura ‘moderna’ e distintos manejos utilizados na cultura, alteram características de competição entre plantas. Este trabalho de tese apresentou-se de maneira inovadora, pois não há trabalhos que considerem a competição tardia de plantas daninhas com a soja.

O que foi confirmado, em parte deste trabalho de tese, é que a utilização dos herbicidas de ação residual tem o potencial de aumentar o período anterior à interferência, e desta maneira, possibilitam que a cultura feche as entrelinhas e assim desenvolva um controle cultural das plantas daninhas com o dossel vegetativo. Sendo uma importante prática a ser adotada a produtores de soja, afinal, poucos são os trabalhos que consideram o uso destes herbicidas e os períodos de interferência entre cultura e planta daninha.

As raízes da soja são afetadas pela competição com plantas daninhas até o estágio V6 da cultura, o que sugere que ao alterar caracteres morfológicos e bioquímicos das raízes, sua funcionalidade pode ser comprometida. O período de convivência entre plantas daninhas e as culturas é um dos principais determinantes nas alterações decorrentes da competição, como pode-se observar plantas daninhas que se desenvolveram após o estágio V4 da soja e as plantas de buva rebrotadas durante o cultivo não alteraram negativamente o metabolismo secundário e o rendimento da cultura. Dos trabalhos realizados em área comercial, foi possível observar, que densidades de plantas de buva apresentam potencial de reduzir a produtividade da cultura da soja.

Independente da prática de manejo adotada, reitera-se a importância da semeadura dos cultivos sem a presença de plantas daninhas e da utilização de herbicidas com ação residual no solo, para que este auxilie no controle das espécies, evitando competição inicial e aumentando o período anterior a interferência. Além disso, a importância de retomar os estudos de competição entre plantas frente as atuais práticas de manejo.

Ao findar esta tese, vários são os aprendizados, dentre os quais, a confirmação de que frequentemente não há sucesso ao tentar simular situações que ocorrem naturalmente no campo, e que muitas vezes os resultados não são os esperados, mas que esta é a ‘essência da pesquisa’.

Como prospecções de trabalhos futuros sugere-se a sequência de estudos com “competição tardia” para a cultura da soja, levando em consideração um novo fluxo de emergência e rebrote de plantas daninhas. Além disso, avaliar o sistema radicial de plantas de soja em convívio com plantas de buva rebrotadas, pois estas estarão com o sistema radicial mais desenvolvido, e assim, com potencial de competição com a cultura maior, situação semelhante que ocorre nas lavouras comerciais. E por fim, que as práticas de manejo e as cultivares de soja modernas sejam consideradas nas avaliações de competição entre plantas.

8 CONCLUSÃO GERAL

A aplicação de herbicidas residuais em pré-emergência da soja aumenta o PAI das cultivares NA 5909 RG e P 95R51. A competição até V4 para parte aérea e V6 para as raízes alteram os caracteres morfológicos, bioquímicos, e os componentes de rendimento da soja. A competição tardia não altera estes caracteres. O metabolismo secundário da soja aumenta com o acréscimo da densidade de plantas de buva (*Conyza* spp.). O rendimento de grãos e os componentes de rendimento total de legumes e total de grãos, são reduzidos quando em competição com distintas densidades de buva (*Conyza* spp.).

REFERÊNCIAS

AFIFI, M.; SWANTON, C. Early physiological mechanisms of weed competition. **Weed Science**, v. 60, n. 4, p. 542-553, 2012.

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L. C.; VARGAS, L.; PERBONI, L. T.; POLIDORO, E.; SILVA, B. M. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 31-38, 2014.

AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C.; LANGARO, A.C.; NOHATTO, M.A.; MANICA-BERTO, R. Change in physiological features in ryegrass biotypes in competition with soybean due resistance to glyphosate. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 517-526, 2016.

ANDREW, I. K. S.; STORKEY, J. Using simulation models to investigate the cumulative effects of sowing rate, sowing date and cultivar choice on weed competition. **Crop Protection**, v. 95, n. 5, p. 109-115, 2017.

AWAN, T. H.; CHAUHAN, B. S. Effect of emergence time, inter and intra-specific competition on growth and fecundity of *Echinochloa crus-galli* in dry-seeded rice. **Crop Protection**, v. 87, n. 9, p. 98-107, 2016.

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

BIEDRZYCKI, M. L.; JILANY, T. A.; DUDLEY, S. A.; BAIS, H. P. Root exudates mediate kin recognition in plants. **Communicative & Integrative Biology**, v. 3, n. 1, p. 28-35, 2010.

BRADI, D. V.; DE-LA-PENA, C.; LEI, Z.; MANTER, D. K.; CHAPARRO, J. M.; GUIMARÃES, R. L.; SUMNER, L. W.; VIVANCO, J. M. Root secreted metabolites

and proteins are involved in the early events of plant-plant recognition prior to competition. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. e46640, 2012.

BRASMAX. **Cultivares**. Disponível em: <<http://brasmaxgenetic.wpengine.com>> Acesso em 20 nov. 2017.

BROZ, A. K.; BROECKLING, C. D.; DE-LA-PENA, C.; LEWIS, M. R.; GREENE, E.; CALLAWAY, R. M.; SUMNER, L. W.; VIVANCO, J. M. Plant neighbor identity influences plant biochemistry and physiology related to defense. **BMC Plant Biology**, v. 10, n. 115, p. 1-14, 2010.

CAFFARO, M. M.; VIVANCO, J. M.; BOEM, F. H. G.; RUBIO, G. The effect of root exudates on root architecture in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Growth Regulation**, v. 64, n. 3, p. 241-249, 2011.

CAFFARO, M. M.; VIVANCO, J. M.; BOTTO, J.; RUBIO, G. Root architecture of *Arabidopsis* is affected by competition with neighbouring plants. **Plant Growth Regulation**, v. 70, n. 2, p. 141-147, 2013.

CARVALHO, L. B.; SCHERER, L. C.; LUCIO, F. R.; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da dessecação com glyphosate e chlorimuron-ethyl na comunidade infestante e na produtividade da soja. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1025-1034, 2009. Número especial.

CESCO, S.; NEUMANN G.; TOMASI, N.; PINTON, R.; WEISSKOPF, L. Release of plant-borne flavonoids into the rhizosphere and their role in plant nutrition. **Plant and Soil**, v. 329, n. 1-2, p. 1-25, 2010.

CHACA, M. V. P.; VIGLIOCCO, A.; REINOSO, H.; MOLINA, A.; ABDALA, G.; ZIRULNIK, F.; PEDRANZANI, H. Effects of cádmium stress on growth, anatomy and hormone contentes in *Glycine max* (L.) Merr. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 10, p. 2815-2826, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Safra 17/18, v. 5, n. 4, Brasília: CONAB, 2018.

CRESSMAN, S. T.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Weeds and the red to far-red ratio of reflected light: characterizing the influence of herbicide selection, dose, and weed species. **Weed Science**, v. 59, n. 3, p. 424-430, 2011.

DAS, T. K.; PAUL, A. K.; YADURAJU, N. T. Density-effect and economic threshold of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) in soybean. **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 1, p. 211-220, 2014.

DEWERFF, R. P.; CONLEY, S. P.; COLQUHOUN J. B.; DAVISM V. M. Can soybean seeding rate be used as an integrated component of herbicide resistance management? **Weed Science**, v. 62, n. 4, p. 625-636, 2014.

DJANAGUIRAMAN, M.; PRASAD, P. V. V.; BOYLE, D. L.; SCHAPAUGH, W. T. High-temperature stress and soybean leaves: leaf anatomy and photosynthesis. **Crop Science**, v. 51, n. 5, p. 2125-2131, 2011.

EMBRAPA. **Normais Climatológicas (1961/1990) Passo Fundo – RS**. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/normais.php>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informações Meteorológicas**. Laboratório de Agrometeorologia/Embrapa Trigo. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/>>. Acesso em 26 out. 2017.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; NETO, D. D.; LIER, Q. de J. van; SANTOS, O. S.; MÜLLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja – revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FARIA, R. M.; BARROS, R. E.; TUFFI SANTOS, L. D. Weed interference on growth and yield of transgenic maize. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 515-520, 2014.

FARMACOPÉIA. **Farmacopéia Brasileira**. Brasília: Anvisa, 2010.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of science and Techonology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. da C. de; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. dos. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.

FINCH, J. A.; GUILLAUME, G.; FRENCH, S. A.; COLAÇO, R. D. D. R.; DAVIES, J. M.; SWARBRECK, S. M. Wheat root length and not branching is altered in the presence of neighbours, including blackgrass. **PLoS ONE**, v. 12, n. 5, p. 1-21, 2017.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Interferência de picão-preto e guanxuma com a soja: efeitos da densidade de plantas e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.

GAL, J.; AFIFI, M.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Detection of neighboring weeds alters soybean seedling roots and nodulation. **Weed Science**, v. 63, n. 4, p. 888-900, 2015.

GLÓRIA, B. A. da; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia vegetal**. 3 ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2012.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Shade avoidance in soybean reduces branching and increases plant-to-plant variability in biomass and yield per plant. **Weed Science**, v. 59, n. 1, p. 43-49, 2011.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Light quality and the critical period for weed control in soybean. **Weed Science**, v. 60, n. 1, p. 86-91, 2012.

HASSAN, S.; MATHESIUS, U. The role of flavonoids in root-rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant-microbe interactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 9, p. 3429-3444, 2012.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940.

JOHN, K. M. M.; NATARAJAN, S.; LUTHRIA, D. L. Metabolite changes in nine different soybean varieties grown under field and greenhouse conditions. **Food Chemistry**, v. 211, n. 23, p. 347-355, 2016.

JOSIPOVIC, A.; SUDAR, R.; SUDARIC, A.; JURKOVIC, V.; KOCAR, M. M.; KULUNDZIC, A. M. Total phenolic and total flavonoid content variability of soybean genotypes in eastern Croatia. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 60-65, 2016.

JUNIOR, J. L.; MALAVOLTA, E.; NOGUEIRA, N. de L.; MORAES, M. F.; REIS, A. R.; ROSSI, M. L.; CABRAL, C. P. Changes in anatomy and root cell ultrastructure of soybean genotypes under manganese stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 395-403, 2009.

KIM, E. H.; RO, H. M.; KIM, S. L.; KIM, H. S.; CHUNG, I. M. Analysis of isoflavone, phenolic, soyasapogenol and tocoferol compounds in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] germplasms of different seed weights and origins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 23, p. 6045-6055, 2012.

KNEZEVIC, S. Z.; ELEZOVIC, I.; DATTA, A.; VRBNICANIN, S.; GLAMOCLIIJA, D.; SIMIC, M.; MALLIDZA, G. Delay in the critical time for weed removal in imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus*) caused by application of pre-emergence herbicide. **International Journal of Pest Management**, v. 59, n. 3, p. 229-235, 2013.

LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; SCHAEGLER, C. E. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 491-498, 2004.

LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R. A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LAMEGO, F. P.; KASPARY, T. E.; RUCHEL, Q.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao glyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 31, n.2, p. 433-442, 2013.

LAMEGO, F. P.; REINEHR, M.; CUTTI, L.; AGUIAR, A. C. M.; RIGON, C. A. G.; PAGLIARINI, I. B. Alterações morfológicas de plântulas de trigo, avevém e nabo quando em competição nos estádios iniciais de crescimento. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 13-22, 2015.

LOPES OVEJERO, R. F.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, W. S.; FONSECA, L. B.; BERGER, G. U.; SOTERES, J. K.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Residual herbicides in weed management for glyphosate resistant soybean in Brazil. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 947-959, 2013.

LÓPEZ-OVEREJO, R. F.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, N. C.; KAWAGUCHI, I. T.; BERGER, G. U.; CARVALHO, S. J. P. de; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferência e controle de milho voluntário tolerante ao glifosato na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 340-347, 2016.

MARANGONI, R. E.; JAKELAITIS, A.; TAVARES, C. J.; REZENDE, B. P. M.; MELLO FILHO, O. L.; CUNHA, P. C. R. Effect of weed interference on soybean cultivars at two sowing times. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 511-519, 2013.

MARQUARDT, P.; KRUPKE, C.; JOHNSON, W. G. Competition of transgenic volunteer corn with soybean and the effect on western corn rootworm emergence. **Weed Science**, v. 60, n. 2, p. 193-198, 2012.

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

MCKENZIE-GOPSILL, A. G.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C. J. Rapid and early changes in morphology and gene expression in soya bean seedlings emerging in the presence of neighbouring weeds. **Weed Research**, v. 56, n. 4, p. 267-273, 2016.

METLEN, K.L.; ASCHEHOUG, E.T.; CALLAWAY, R.M. Plant behavioural ecology: dynamic plasticity in secondary metabolites. **Plant, Cell and Environment**, v. 32, n. 6, p. 641-653, 2009.

NIDERA. **Cultivares de soja**. Disponível em:<<http://www.niderasementes.com.br/produtos.aspx?cat=23>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

NORD, E. A.; ZHANG, C.; LYNCH, J. P. Root responses to neighbouring plants in common bean are mediated by nutrient concentration rather than self/non-self recognition. **Functional Plant Biology**, v. 38, n. 12, p. 941-952, 2011.

PAGE, E. R.; TOLLENAAR, M.; LEE, E. A.; LUKENS, L.; SWANTON, C. J. Does shade avoidance underlie the critical period for weed control in maize (*Zea mays* L.)? **Weed Research**, v. 49, n. 6, p. 563-571, 2009.

PAGNONCELLI, F. de B.; TREZZI, M. M.; BRUM, B.; VIDAL, R. A.; PORTES, A. F.; SCALCON, E. L.; MACHADO, A. Morning glory species interference on the development and yield of soybeans. **Bragantia**, v. 76, n. 4, p. 470-479, 2017.

PARK, J.; KIM, J. H.; KRISHNAMUTRHY, P.; TSUKAMOTO, C.; SONG, J. T.; CHUNG, G.; SHANNON, J. G.; LEE, J. D. Characterization of a new allele of the saponin-synthesizing gene Sg-1 in soybean. **Crop Science**, v. 56, n. 1, p. 1-7, 2016.

PEREIRA, R.J.; CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.

PEREIRA, F. de A. R.; BONO, J. A. M.; NETO, J. F. dos R.; SILVEIRA, D. S.; BERSELLI, C.; CARVALHO, F. T. de. Periods of competition between weeds and soybean crop in Cerrado. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 37, p. 3644-3649, 2015.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.

PIASECKI, C. **Interferência e controle de milho voluntário resistente ao glifosato na cultura da soja**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

PIASECKI, C.; RIZZARDI, M. A. Herbicidas aplicados em pré-emergência controlam plantas individuais e touceiras de milho voluntário RR F2 em soja? **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 332-340, 2016.

PIASECKI, C.; RIZZARDI, M. A.; SCHWADE, D. P.; TRES, M.; SARTORI, J. Influence of GR volunteer corn population and origin on soybean grain yield losses. **Planta Daninha**, v. 36, n. 1, p. 1-9, 2018.

PIONEER. **Cultivares de Soja**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/soja/central-de-produtos>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

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, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Piracicaba: SBHED.

PITELLI, R. A. Competição entre plantas daninhas e plantas cultivadas. In: MONQUERO, P. A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: Rima Editora, 2014, p. 61-81.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. 3 ed. New York: Willey, 2007.

RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L. de A. R.; MOREIRA, S. G. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, v. 47, n. 7, p. 1-8, 2017.

RIVOAL, A.; FERNANDEZ, C.; GREFF, S.; MONTES, N.; VILA, B. Does competition stress decrease allelopathic potential? **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 39, n. 4-6, p. 401-407, 2011.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para controle de picão-preto em soja. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 273-282, 2003.

SANTOS, T. T. M. dos; TIMOSSO, P. C.; LIMA, S. F.; GONÇALVES, D. C.; SANTANA, M. V. Associação dos herbicidas diclosulam e glyphosate na dessecação visando o controle residual de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 138-147, 2016.

SARAIVA, A. S.; ERASMO, E. A. L.; MATA, J. F.; DORNELAS, B. F.; DORNELAS, D. F.; SILVA, J. I. C. Density and sowing season of two Brachiaria species on the soybean culture. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 569-576, 2013.

SCHNEIDER, T.; ROCKENBACH, A. P.; BIANCHI, M. A. Alteração do período anterior a interferência da soja na presença de plantas voluntárias de milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 80-87, 2014.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide handbook**. 9 ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007.

SEO, W. D.; KANG, J. E.; CHOI, S-W.; LEE, K-S.; LEE, M-J.; PARK, K-D.; LEE, J. H. Comparison of nutritional components (isoflavone, protein, oil, and fatty acid) and antioxidant properties at the growth stage of different parts of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Food Science and Biotechnology**, v. 26, n. 2, p. 339-347, 2017.

SILVA, A. F.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F. A.; ASPIAZÚ, I.; GALON, L.; SEDYAMA, T.; SILVA, A. A. Densidade de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção de soja. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008.

SILVA, D.R.O.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; LANGARO, A.C.; DUARTE, T.V. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares

de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a glyphosate. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 579-589, 2014.

SILVA, D. R. O. da; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; MARIANI, F. Glyphosate-resistant hairy fleabane competition in RR soybean. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 451-457, 2014.

SILVA, A. A. P.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; HELVIG, E. O.; MACIEL, C. D. G. Interference periods among weeds and soybean RR crops in the western center area of the Brazilian state of Paraná. **Planta Daninha**, v. 33, n.4, p. 707-716, 2015.

STRECK, E. V.; KAMPF, N. DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2^a ed. Porto Alegre: EMATER, Brasil, 2008.

STRIEDER, M. L.; PIRES, J. L. F.; COSTAMILAN, L. M.; FAGANELLO, A.; VARGAS, L.; BERTAGNOLLI, P. F.; CORASSA, G. M. **Rendimento de grão de soja em diferentes arranjos de planta, safra 2012/2013**. In: COSTAMILAN, L. M.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. (ed.). Soja: Resultados de pesquisa 2012/2013. Passo Fundo: Embrapa Trigo, outubro 2013. Documentos Online, 145.

SWANTON, C. J.; NKOA, R.; BLACKSHAW, R. E. Experimental methods for crop weed competition studies. **Weed Science**, v. 63, p. 2-11, 2015. Número especial.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. [Tradução: JUNIOR, A. M. D. et al.] 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAKAHASSI, Y.; LI, X. H.; QIU, L. J.; TSUKAMOTO, C.; WANG, K. J. Identification of saponin composition and their geographical distribution in Chinese cultivated soybean (*Glycine max*). **Euphytica**, v. 213, n. 175, p. 1-16, 2017.

TANTRY, M. A.; KHAN, I. A. Saponins from *Glycine max* Merrill (soybean). **Fitoterapia**, v, 87, n. 4, p. 49-56, 2013.

TIRONI, S. P.; GALON, L.; SILVA, A. F. da; FIALHO, C. M. T.; ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; ASPIAZÚ, I.; FORTE, C. T.; SILVA, A. A. da; RADUNZ, A. L. Época de emergência de azevém e nabo sobre a habilidade competitiva da cultura da cevada. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1527-1533, 2014.

TREZZI, M. M.; BALBINOT JR, A. A.; BENIN, G.; DEBASTIANI, F.; MIOTTO JR, E. Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 543-550, 2013.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A.; PATEL, F.; MIOTTO JR, E.; DEBASTIANI, F.; BALBINOT JR, A. A.; MOSQUEN, R. Impact of *Conyza bonariensis* density and establishment period on soybean grain yield, yield components and economic threshold. **Weed Research**, v. 55, n. 1, p. 34-41, 2015.

VIDAL, R. A. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VIZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Documento 316. Embrapa Clima Temperado, 2010.

WESTON, L. A.; MATHESIUS, U. Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rizosphere, including allelopathy. **Journal of Chemical Ecology**, v. 39, n. 2, p. 283-297, 2013.



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV