

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA ADIÇÃO DE INIBIDORES DA ACCASE E DA ALS AO GLYPHOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA**

TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY OF ADDING ACCASE AND ALS INHIBITORS TO GLYPHOSATE IN THE CONTROL OF WEEDS AND SOYBEAN GRAIN YIELD

Gabriela Silva Machineski<sup>a\*</sup>, Giliardi Dalazen<sup>b</sup>, César Augusto Gotardo Victola<sup>a</sup>, Larissa Abgariani Colombo<sup>a</sup>, Flávia Luciane Bidoia<sup>a</sup><sup>a</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Norte do Paraná, Paraná, Brasil. <sup>b</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil.

\*Autor correspondente: gabymachine@yahoo.com.br.

**INFORMAÇÕES DO ARTIGO****Histórico do artigo:**

Recebido: 01 Julho 2019.

Aceito: 17 Setembro 2019.

Publicado: 20 Março 2020.

**Palavras-chave/Keywords:**

Graminícidas/ Graminicide.

Inibidor de EPSPs/ EPSP inhibitor.

Mistura de tanque/ Tank mixture.

Mecanismos de ação/ Mechanisms of action.

Resistência/ Resistance.

**Direito Autoral:** Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

**Citação deste artigo:**

MACHINESKI, G. S.; DALAZEN, G.; VICTOLA, C. A. G.; COLOMBO, L. A.; BIDOIA, F. L. Viabilidade técnica e econômica da adição de inibidores da accase e da als ao glyphosate no controle de plantas daninhas e no rendimento de grãos da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 3. 2019.

**RESUMO**

O uso contínuo de glyphosate no cultivo da soja tem propiciado o aparecimento de plantas daninhas resistentes. Assim, buscam-se alternativas de manejo, como a utilização de produtos com diferentes mecanismos de ação. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar a eficiência da aplicação em pós-emergência de herbicidas com diferentes mecanismos de ação no controle de plantas daninhas na cultura da soja. O experimento foi conduzido na safra 2016/2017, em Cambé-PR, em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados os tratamentos glyphosate; glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl; glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam; testemunha capinada; testemunha infestada. O uso exclusivo de glyphosate não apresentou controle eficiente das plantas daninhas encontradas. As espécies *Digitaria insularis* (Capim-amargoso), *Commelina virginica* (Trapoeraba) e *Digitaria horizontalis* (Capim-colchão) foram eficientemente controladas pelos tratamentos glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam. Todavia, as espécies *Conyza bonariensis* (Buva) e *Ipomoea purpurea* (Corda-de-violão) foram eficientemente controladas apenas pelo tratamento testemunha capinada. A produtividade da soja foi maior nos tratamentos glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam, com média de 4.600 kg ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos glyphosate e testemunha infestada apresentaram a menor massa de mil grãos e o menor rendimento de grãos. A maior receita líquida foi obtida pelos tratamentos glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam. Dessa forma, a aplicação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (inibidor da EPSPs, inibidor de ACCase e inibidor de ALS) melhorou o controle das plantas daninhas, o rendimento de grãos da soja e a lucratividade da lavoura em comparação à aplicação isolada de glyphosate e à capina manual.

**ABSTRACT**

The continuous use of glyphosate in soybean has led to the appearance of resistant weeds. Thus, alternatives to manage resistant plants are needed, such as the use of products with different mechanisms of action. In this study, the efficacy of the post-emergence application of herbicides with different mechanisms of action in the control of weeds in soybean crop was tested. The experiment was conducted in the 2016/2017 season, in Cambé-PR, using randomized blocks, with four replications. We evaluated the following treatments: glyphosate; glyphosate + haloxyfop with chlorimuron-ethyl in sequential application; glyphosate + clethodim with chloransulam in sequential application; hand-hoe weeding; infested control. The exclusive use of glyphosate did not present efficient control of the weeds found. The species *Digitaria insularis* (sourgrass), *Commelina virginica* (Virginia dayflower) and *Digitaria horizontalis* (Jamaican crabgrass) were efficiently controlled by treatments glyphosate + haloxyfop with chlorimuron-ethyl in sequential application and glyphosate + clethodim with chloransulam in sequential application. However, the species *Conyza bonariensis* (hairy fleabane) and *Ipomoea purpurea* (common morning glory) were efficiently controlled only by hand-hoe weeding. The grain yield of soybean was higher in the treatments glyphosate + haloxyfop with chlorimuron-ethyl in sequential application and glyphosate + clethodim with chloransulam in sequential application, which yielded an average of 4,600 kg ha<sup>-1</sup>. Treatments glyphosate and infested control had a lower mass of 1000 grains and lower grain yield. The highest net revenue was obtained by treatments glyphosate + haloxyfop with chlorimuron-ethyl in sequential application and glyphosate + clethodim with chloransulam in sequential application. Therefore, the application of herbicides with different mechanisms of action (EPSP inhibitor, ACCase inhibitor and ALS inhibitor) improved weed control, soybean grain yield and profitability compared to the isolated application of glyphosate and the manual weeding.

## 1. Introdução

No cultivo da soja, a busca por elevadas produtividades demanda que, além de fatores climáticos favoráveis, os produtores sejam eficientes no manejo adotado em suas lavouras (BATTISTI et al., 2018). Dentro do manejo, o controle de plantas daninhas é fundamental, uma vez que a interferência de plantas daninhas é um dos principais limitantes de produção (OERKE, 2006). As plantas daninhas competem por água, luz, nutrientes, CO<sub>2</sub> e espaço físico. As estimativas de perdas causadas por plantas daninhas, dependendo da espécie, podem ser superiores a 80% ou, até mesmo, inviabilizar a colheita (VARGAS; ROMAN, 2006). Assim, para manter os campos livres dessas plantas, é importante buscar tecnologias eficientes para seu controle.

O método químico via a aplicação de herbicidas é a principal forma de controle de plantas daninhas ao redor do mundo, sendo o glyphosate o herbicida mais utilizado. O glyphosate foi relatado como herbicida pela primeira vez em 1970 e se tornou o herbicida mais utilizado no mundo para o controle de plantas daninhas (BENBROOK, 2016). Trata-se de um herbicida de ação sistêmica, não seletivo e bastante utilizado nas culturas para manejo das plantas daninhas no sistema de semeadura direta. Seu mecanismo de ação é a inibição da enzima *5-enol-piruvil shiquimato-3-fosfato sintase* (EPSPS), responsável pela síntese dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003; KRUSE et al., 2000). O uso intensivo de glyphosate nas últimas décadas, principalmente após o início de cultivos GR (*Glyphosate Resistant*) acarretou na seleção de 48 espécies de plantas resistentes em todo o mundo. No Brasil, atualmente existem nove espécies de plantas daninhas resistentes ao glyphosate: buva (*Conyza bonariensis*, *C. canadensis* e *C. sumatrensis*), capim-amargoso (*Digitaria insularis*), azevém (*Lolium multiflorum*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-branco (*Chloris elata*), caruru-gigante (*Amaranthus palmeri*) e caruru-roxo (*Amatanthus hybridus*) (HEAP, 2020). Além dessas, espécies como trapoeraba (*Commelina* spp.), corda-de-violão (*Ipomoea* spp.) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis*) apresentam tolerância natural a esse herbicida (MONQUERO et al., 2004a).

Para o controle de espécies resistentes poáceas, os herbicidas inibidores da enzima acetil-CoA carboxilase (ACCase) são recomendados. Dentro desse mecanismo de

ação, os ariloxifenoxipropanoatos (FOPs) (ex.: haloxyfop) e as ciclohexanodionas (DIMs) (ex.: clethodim) são amplamente utilizados, uma vez que são seletivos para a soja em aplicações em pós-emergência da cultura (KUKORELLI et al., 2013). Por outro lado, para o controle de eudicotiledôneas, conhecidas popularmente como plantas daninhas de “folha larga”, os inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) são uma boa opção. Dentro desse mecanismo de ação, alguns herbicidas pertencentes ao grupo químicos das sulfonilureias (ex.: chlorimuron-ethyl) e das sulfonanilidas (ex.: cloransulam) são seletivos para a soja em pós-emergência (SILVA et al., 2016). Em áreas que ocorrem simultaneamente plantas daninhas poáceas e eudicotiledôneas, a mistura de herbicidas apresenta vantagens sobre o ponto de vista operacional. Contudo, a aplicação de inibidores da ACCase em mistura com inibidores da ALS, normalmente resultada em antagonismo (MATZENBACHER et al., 2015), demandando a realização de aplicações sequenciais.

A mistura e a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação são estratégias importantes para se evitar a seleção de biótipos resistentes, assim como para manejar a resistência em áreas onde o problema já ocorre. Recomenda-se a utilização de mecanismos de ação alternativos, adotando-se um sistema de rotação de herbicidas de forma que os produtos com mesmo mecanismo de ação não sejam aplicados na mesma área mais do que duas vezes seguidas, diminuindo-se a probabilidade de seleção de biótipos resistentes (VARGAS; ROMAN, 2006). Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da aplicação em pós-emergência de herbicidas com diferentes mecanismos de ação no controle de plantas daninhas e no rendimento de grãos da soja.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi realizado em lavoura comercial de soja, localizada no município de Cambé, Paraná (23° 19'46.80"S, 51°14'12.32"O), em altitude de 580 m e solo classificado como Latossolo vermelho eutrófico. As características do solo estão apresentadas na Tabela 1. O solo foi corrigido com 1 tonelada ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico, 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso e 1 tonelada ha<sup>-1</sup> de cama de frango, aplicados à lanço, sem incorporação, 20 dias antes da semeadura.

**Tabela 1.** Características químicas do solo (Latossolo Vermelho Eutrófico) de Cambé-Paraná, Brasil, usado no cultivo da soja.

Amostra	P mg dm <sup>-3</sup>	C g dm <sup>-3</sup>	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K
				..... cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....				
Latossolo Vermelho Eutrófico	7,99	15,37	5,0	0,00	5,35	5,75	1,23	0,38

Onde: P (Mehlich), C (Walkley-Black), pH (CaCl<sub>2</sub>), Ca (KCl), Mg (KCl), K (Mehlich). H+Al (saturação por alumínio).

A cultura antecessora foi milho segunda safra. Antecedendo a semeadura da soja, para eliminar as plantas daninhas presentes na área, foi realizada a dessecção com glyphosate 2,06 L ha<sup>-1</sup> (Zapp QI 620®, 500 g L<sup>-1</sup> de e.a., SL, Syngenta) + chlorimuron-ethyl 80 g ha<sup>-1</sup> (Classic®, 250 g Kg<sup>-1</sup> de i.a., WG, Du Pont) com adição dos adjuvantes Matriz D Trans® na dose 1 L ha<sup>-1</sup> e óleo mineral na dose de 825 mL ha<sup>-1</sup> (Iharol®, 760 g L<sup>-1</sup> de i.a., EC, Ihara).

O experimento foi instalado em blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas com seis metros de comprimento por 4,05 metros de largura, totalizando 24,3 m<sup>2</sup> por parcela. Entre cada parcela e bloco foi mantido um corredor com 0,90 m de largura. A semeadura da soja, cultivar BRASMAX Garra IPRO, foi realizada no dia 19 de outubro de 2016, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 12 plantas por metro linear, totalizando a densidade populacional de aproximadamente 260 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

As sementes foram tratadas com os inseticidas clorantniliprole 1,25 mL kg<sup>-1</sup> (Dermacor®, 625 g L<sup>-1</sup> de i.a., FS, Du Pont) e fipronil 2,0 mL kg<sup>-1</sup> (Fipronil Nortox®, 250 g L<sup>-1</sup> de i.a., SC, Nortox), com o fungicida fludioxonil 1,25 mL kg<sup>-1</sup> (Maxin®, 25 g L<sup>-1</sup> de i.a., SC, Syngenta), e estimulador de enraizamento CoMo 2,0 mL kg<sup>-1</sup>. No momento da semeadura as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e 5080 (Atmo, Microquímica), de acordo com as recomendações do fabricante. A adubação de base foi realizada conforme boletim de recomendação de adubação para soja da EMBRAPA (2008), com 260 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 2-20-18 (N-P-K).

Antes da aplicação dos tratamentos foram realizados o levantamento e a identificação das plantas daninhas presentes nas parcelas, em 1 m<sup>2</sup> da área definido aleatoriamente, e calculada a média da comunidade infestante inicial de plantas daninhas.

Os tratamentos avaliados foram: glyphosate (2500 mL P.C. ha<sup>-1</sup>); glyphosate (2500 mL P.C. ha<sup>-1</sup>) + haloxifop (500 mL P.C. ha<sup>-1</sup>) com sequencial de chlorimuron-ethyl (30 g P.C. ha<sup>-1</sup>); glyphosate (2500 mL P.C. ha<sup>-1</sup>) + clethodim (450 mL P.C. ha<sup>-1</sup>) com sequencial de cloransulam (48 g P.C. ha<sup>-1</sup>); testemunha capinada; testemunha infestada. A primeira aplicação foi realizada quando a soja encontrava-se em estágio fenológico V4 e a aplicação sequencial foi realizada sete dias após a realização da primeira. A capina mecânica foi realizada no mesmo dia da realização da primeira aplicação. Os produtos comerciais utilizados foram: glyphosate (Zapp QI 620®, 620 g i.a. L<sup>-1</sup>, SL, Syngenta); haloxifop (Verdict®, 124,7 g i.a. L<sup>-1</sup>, EC, Dow AgroScience); clethodim (Select One Pack®, 120 g i.a. L<sup>-1</sup>, EC, Arysta); Chlorimuron-ethyl (Classic®, 250 g i.a. Kg<sup>-1</sup>, WG, Du Pont); Cloransulam (Pacto®, 840 g i.a. L<sup>-1</sup>, WG, Dow AgroSciences).

As aplicações dos herbicidas foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, com barra de 2,5 metros contendo cinco bicos com pontas leque duplo (MUG 03, MagnoJet, e vazão de 0,0625 L s<sup>-1</sup>). A velocidade de deslocamento foi de 1,50 m s<sup>-1</sup>, e volume de calda de 206 L ha<sup>-1</sup>. As aplicações foram realizadas no período da manhã com a umidade relativa do ar de 55%, temperatura média de 25,8 °C e com a velocidade do vento média de 1,3 m s<sup>-1</sup>,

com pico máximo de 3,4 m s<sup>-1</sup>.

O manejo de pragas e doenças durante o ciclo da cultura foi realizado em área total, com produtos registrados para a cultura da soja. Os produtos utilizados, doses e a época de aplicação foram: fungicida [Trifloxistrobina + Protiocanazol (413 mL P.C. ha<sup>-1</sup>)] e o inseticida Imidacropid (330 mL P.C. ha<sup>-1</sup>), aplicados 44 dias após a emergência (DAE); fungicida [Azoxistrobina + Benzovindiflupir (210 mL P.C. ha<sup>-1</sup>)] e o inseticida [Imidacloprido + Bifentrina (420 mL P.C. ha<sup>-1</sup>)], aplicados 60 DAE; o fungicida [Picoxistrobina + Ciproconazol (310 mL P.C. ha<sup>-1</sup>)] e o inseticida [Imidacloprido + Bifentrina (420 mL P.C. ha<sup>-1</sup>)], aplicados 86 DAE. Os produtos comerciais utilizados foram Trifloxistrobina + Protiocanazol (Fox®, 150 e 175 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Bayer); Imidacropid (Imidacropid Nortox®, 480 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Nortox); Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Elatus®, 300 e 150 g i.a. Kg<sup>-1</sup>, WG, Syngenta); Imidacloprido + Bifentrina (Galil SC®, 250 e 50 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Adama); Picoxistrobina + Ciproconazol (Approach® Prima, 200 e 80 g i.a. L<sup>-1</sup>, SC, Du Pont).

Os custos de controle de cada método foram calculados, baseando-se em levantamentos de preços dos herbicidas, adjuvantes e custo de aplicação. Para a capina, foi considerado o custo de R\$ 80,00 por dia trabalhado (oito horas de trabalho), sendo que, de acordo com a infestação inicial da área, seriam necessários três dias para a capina de cada hectare. A receita líquida foi calculada subtraindo-se apenas o custo de controle dos tratamentos do valor da produção. O valor da produção foi obtido a partir da multiplicação da produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>) pelo preço de R\$ 65,50 por saca de 60 kg.

No final do ciclo da soja, as plantas daninhas remanescentes na área foram identificadas, e foram avaliados os níveis de infestação (plantas m<sup>-2</sup>) e a massa seca produzida da parte aérea (g m<sup>-2</sup>). A massa seca foi obtida pela secagem do material coletado em estufa a 65 °C até atingir massa constante. O rendimento de grãos da soja foi estimado a partir da colheita de 2,2 metros de duas linhas centrais de cada parcela, realizada no dia 25 de fevereiro de 2017. Também foi determinada a massa de mil grãos, obtida pela pesagem de três amostras de 100 grãos por parcela. A umidade dos grãos colhidos foi corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), com auxílio do software SasmAgri (CANTERI et al., 2001).

### 3. Resultados e Discussão

No levantamento inicial da comunidade infestante de plantas daninhas realizado antes da aplicação dos tratamentos, as espécies mais encontradas foram *Digitaria insularis* L. Fedde. (capim-amargoso) e *Conyza bonariensis* L. Cronquist. (buva), com média de 6,15 e 6,10 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente (Tabela 2). *Ipomoea purpurea* L. Roth. (corda-de-viola), *Commelina virginica* L. (trapoeraba) e *Digitaria horizontalis* Willd (capim-colchão) apresentaram cerca de 1,5 plantas por m<sup>-2</sup>. Embora em baixa frequência, também foram encontradas as espécies *Sida rhombifolia* L.

(guaxuma), *Phyllanthus niruri* L. (quebra-pedra), *Momordica charantia* L. (melão-de-são-caetano) e *Zea mays* L. (milho tiguera). Somando todas as espécies, as parcelas apresentaram média de 17,8 plantas daninhas m<sup>-2</sup>. Essas

espécies são relatadas em diversos estudos como comumente encontradas em lavouras de soja no estado do Paraná e demais regiões do Brasil (VOLL et al., 1997; VOLL et al., 2003; RODRIGUES et al., 2006).

**Tabela 2.** Média da comunidade infestante inicial de plantas daninhas nas áreas experimentais com cultivo da soja.

Trat.	<i>Di</i>	<i>Cb</i>	<i>Ip</i>	<i>Cv</i>	<i>Dh</i>	<i>Sr</i>	<i>Pn</i>	<i>Mc</i>	<i>Zm</i>	Total
.....Infestação inicial plantas m <sup>-2</sup> .....										
T1	6,75±0,7	5,75±0,8	1,25±0,3	1,25±0,3	1,75±0,5	0,00±0,0	0,00±0,0	0,00±0,0	0,25±0,3*	16,0±1,1
T2	6,50±0,3	5,5±0,7	1,5±0,3	1,50±0,3	1,50±0,3	0,25±0,3*	0,00±0,0	0,00±0,0	0,00±0,0	21,0±1,2
T3	6,50±0,6	5,5±0,8	1,25±0,3	1,50±0,3	1,50±0,3	0,00±0,0	0,25±0,3*	0,00±0,0	0,00±0,0	17,7±0,8
T4	5,75±0,5	5,75±0,5	1,50±0,3	1,50±0,3	1,00±0,0	0,25±0,3*	0,00±0,0	0,00±0,0	0,00±0,0	15,7±0,3
T5	5,25±0,7	8,00±0,9	1,50±0,3	1,75±0,3	1,75±0,5	0,00±0,0	0,00±0,0	0,25±0,3*	0,00±0,0	18,5±0,6
Média	6,15	6,10	1,45	1,50	1,5	0,50	0,05	0,05	0,05	17,78

Descrição dos tratamentos: T1: glyphosate; T2: glyphosate + haloxifop -> chlorimuron-ethyl; T3: glyphosate + clethodim -> cloransulam; T4: testemunha capinada; T5: testemunha infestada. *Di*: *D. insularis*; *Cb*: *C. bonariensis*; *Ip*: *I. purpurea*; *Cv*: *C. virginica*; *Dh*: *D. horizontalis*; *Sr*: *S. rhombifolia*; *Pn*: *P. niruri*; *Mc*: *M. charantia*; *Zm*: *Z. mays*. \*Espécies encontradas 1 planta m<sup>-2</sup> em apenas uma parcela do tratamento.

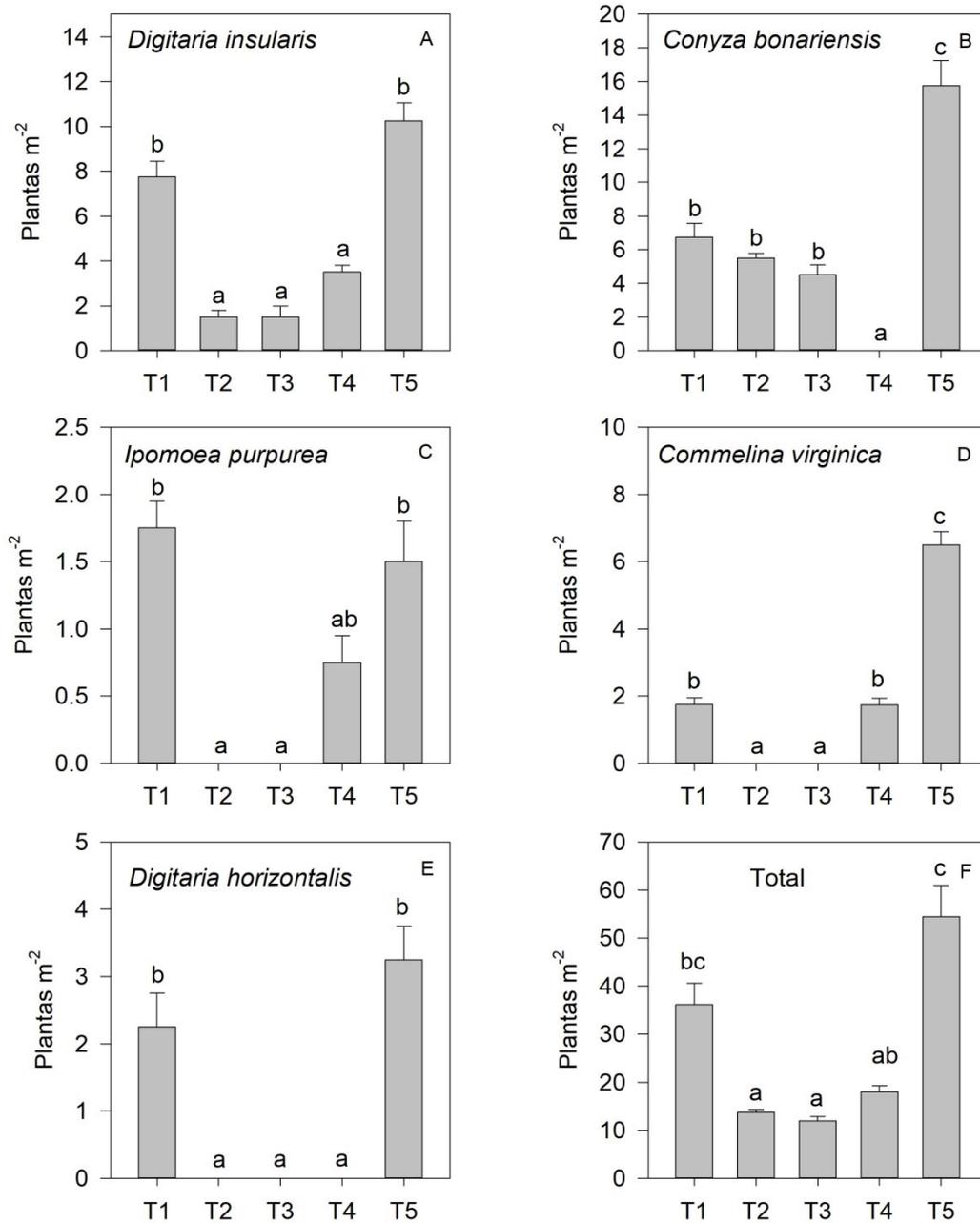
Em relação às espécies com maior infestação inicial, o controle de capim-amargoso foi mais eficiente quando foram aplicados os tratamentos glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam (Figura 1A). Nesses tratamentos, o controle foi de cerca de 85%, restando cerca de 1,5 plantas m<sup>-2</sup> no final do ciclo da cultura. O tratamento com capina não diferiu desses tratamentos. No entanto, o tratamento contendo apenas glyphosate apresentou controle insuficiente, de apenas 25%, com densidade final de 7,75 plantas m<sup>-2</sup>, não diferindo da testemunha infestada, com 10,25 plantas m<sup>-2</sup>.

Em relação ao controle de buva, o melhor tratamento foi a testemunha capinada, que obteve controle de 100% das plantas dessa espécie (Figura 1B). Em seguida, os tratamentos compostos pelas misturas de glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl, glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam, e pela aplicação isolada de glyphosate proporcionaram baixos níveis de controle, que variaram entre 30% e 43% em relação ao tratamento testemunha infestada. A aplicação de inibidores da ALS em pós-emergência da soja apresenta efeito limitado sobre o controle de buva. As doses desses herbicidas toleradas pela cultura da soja, normalmente são insuficientes para promover controle satisfatório de buva, limitando o controle dessa planta daninha em pós-emergência da cultura. Além disso, há registro de resistência múltipla de buva aos inibidores da EPSPS e da ALS (HEAP,

2020), restringindo o uso desses herbicidas em algumas regiões.

Em comparação ao observado para o capim-amargoso, observa-se que a capina apresentou melhor resultado no controle de buva. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que, ao contrário da buva, o capim-amargoso apresenta formação de rizomas a partir de 45 dias de sua emergência (MACHADO et al., 2006), podendo resultar e rebrote e sobrevivência de algumas plantas, mesmo após o controle.

O controle de corda-de-viola e trapoeraba foi total nos tratamentos glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam (Figuras 1C e 1D, respectivamente), embora os inibidores da ACCase apresentem ação apenas sobre plantas poáceas (COBB; READE, 2010). O controle de corda-de-viola no tratamento composto apenas por glyphosate não diferiu da testemunha infestada. Contudo, Piccinini et al. (2012) obtiveram sucesso no controle de *I. purpurea* com glyphosate. Todavia, vários fatores estão relacionados à eficiência do glyphosate nessa espécie, como a ocorrência de chuvas após a aplicação (MONQUERO; SILVA, 2007), características da superfície foliar e ceras epicuticulares, além de características bioquímicas dos biótipos (MONQUERO et al., 2004b; VITORINO; MARTINS et al., 2012). O tratamento com capina reduziu a infestação de ambas as espécies.



T1: glyphosate; T2: glyphosate + haloxyfop -> chlorimuron-ethyl; T3: glyphosate + clethodim -> cloransulam; T4: testemunha capinada; T5: testemunha infestada.

**Figura 1.** Densidade final (plantas m<sup>-2</sup>) das espécies de plantas daninhas em resposta à aplicação de diferentes tratamentos na cultura da soja. Barras seguidas por letras iguais não se diferem pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Por fim, o controle de capim-colchão foi total nos tratamentos que receberam as misturas de herbicidas glyphosate + haloxyfop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam e capina (Figura 1E). Os resultados para esta espécie foram os mesmos obtidos para o capim-amargoso (Figura 1A). Ou seja, tratamentos que continham inibidores da ACCase apresentaram bom controle de poáceas, conforme já demonstrado em outros trabalhos (PERESSIN

et al., 1997; ADEGAS et al., 2010). Isso decorre do fato de que plantas pertencentes à essa família botânica são sensíveis a esses herbicidas por não apresentarem a forma procariótica da enzima ACCase, ao contrário da grande maioria das espécies de outras famílias (SASAKI et al., 1995). Contudo, cabe ressaltar a existência de resistência de espécies de *Digitaria* a esses herbicidas (HEAP, 2020), e seu uso deve ser adequado para que o problema não aumente.

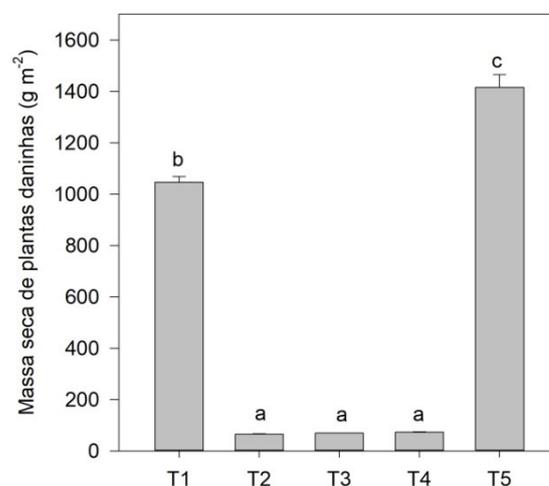
Considerando a infestação total, obtida a partir da soma de plantas de todas as espécies, conforme esperado, a testemunha infestada foi a que obteve maior infestação (54,5 plantas  $m^{-2}$ ) e, conseqüentemente, a maior massa seca da parte aérea de plantas daninhas (Figuras 1F e 2). Os tratamentos com maior eficácia em reduzir o total de plantas daninhas e a massa seca produzida foi o uso dos herbicidas glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl, glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam e a testemunha capinada.

A aplicação apenas de glyphosate não diferiu da testemunha infestada, tanto no total de plantas  $m^{-2}$  quanto na massa seca de parte aérea de plantas daninhas. Os resultados de controle da infestação de plantas daninhas e da massa seca da parte aérea revelam a ineficiência do herbicida glyphosate aplicado de forma isolada (Figuras 1 e 2). Isso decorre do fato de que existiam na área experimental espécies resistentes (capim-amargoso e buva) e tolerantes (trapoeraba e corda-de-viola) a esse herbicida.

O capim-amargoso e a buva podem ser consideradas as espécies mais importantes nos cultivos de soja na atualidade. Como já relatado anteriormente, tratam-se de duas espécies resistentes ao herbicida glyphosate no Brasil (HEAP, 2020), que juntas ocupam cerca de 19 milhões de hectares (ADEGAS et al., 2017). Além disso, são espécies com grande capacidade invasiva e dispersiva, e alta capacidade de produção de sementes que são facilmente dispersadas pelo vento. Há registros de produção de 600.000 sementes por planta de buva (KASPARY et al., 2017). Para

capim-amargoso, embora a produção de sementes seja menor (cerca de 1.000 sementes planta<sup>-1</sup>), essa espécie apresenta índice de germinação relativamente alto (mais de 80%), além da capacidade de propagação vegetativa por rizomas (MONDO et al., 2010; MENDONÇA et al., 2014). As espécies de corda-de-viola e trapoeraba também podem ser consideradas um problema para o manejo, uma vez que são consideradas espécies de difícil controle, naturalmente tolerantes ao herbicida glyphosate, e demandam aplicação de altas doses desse herbicida em estádios iniciais de crescimento (MONQUERO et al., 2004b; ULLOA; OWEN, 2009; MARTINS, 2012).

Nesses casos, o uso de misturas de herbicidas e aplicações sequenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação fazem-se necessárias, conforme observado nos tratamentos glyphosate + haloxifop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam, os quais compreenderam uma aplicação com glyphosate (inibidor da EPSPS) + inibidor da ACCase, com aplicação sequencial de um inibidor da ALS em pós-emergência da soja. Observa-se que embora esses tratamentos não diferiram da aplicação isolada de glyphosate quanto ao número de plantas de buva (Figura 1B), a massa seca da parte aérea de plantas nesses tratamentos foi reduzida em comparação à aplicação de apenas glyphosate (Figura 2). Isso indica que, mesmo que não tenha ocorrido a morte das plantas, a capacidade competitiva foi reduzida pela ação dos herbicidas.



T1: glyphosate; T2: glyphosate + haloxifop -> chlorimuron-ethyl; T3: glyphosate + clethodim -> cloransulam; T4: testemunha capinada; T5: testemunha infestada.

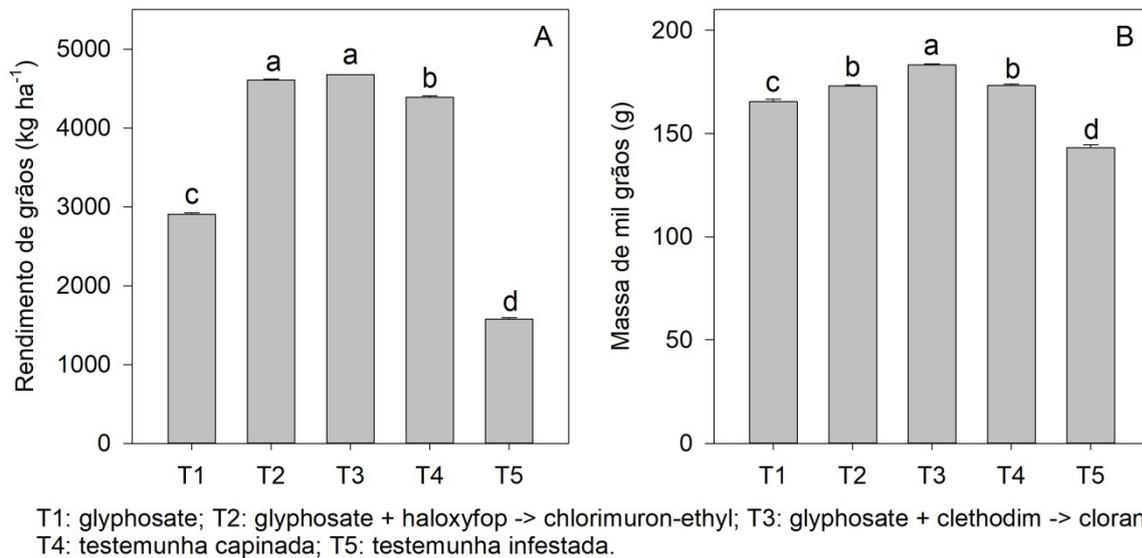
**Figura 2.** Massa seca da parte aérea de plantas daninhas ( $g m^{-2}$ ) em resposta à aplicação de diferentes tratamentos no controle de plantas daninhas na cultura da soja. Barras seguidas por letras iguais não se diferem pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Os resultados de controle refletiram diretamente sobre o rendimento de grãos (Figura 3A). Os tratamentos com melhores controles, compostos pelas misturas de herbicidas glyphosate + haloxifop com sequencial de

chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam, apresentaram maior rendimento de grãos de soja, com mais de 4.600  $kg ha^{-1}$ . Esses resultados demonstram que, além do bom controle de plantas daninhas,

esses herbicidas foram altamente seletivos para a cultura da soja. Em seguida, o tratamento composto por capina apresentou um rendimento de grãos de 4.380 kg ha<sup>-1</sup>. No tratamento em que foi utilizado apenas glyphosate, o rendimento de grãos foi reduzido significativamente para

2.904 kg ha<sup>-1</sup>. Por fim, a testemunha infestada produziu apenas 1.576 kg ha<sup>-1</sup> de soja, representando uma redução superior a 65% em relação aos tratamentos com manejos químicos contendo vários mecanismos de ação.

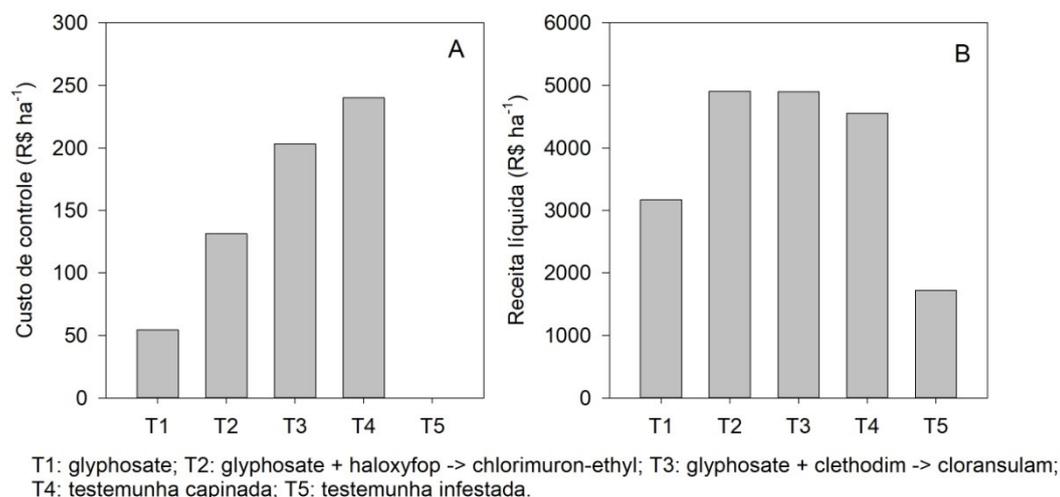


**Figura 3.** Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) (A) e massa de mil grãos (g) (B) de soja em resposta à aplicação de diferentes tratamentos no controle de plantas daninhas na cultura da soja. Barras seguidas por letras iguais não se diferem pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

A redução do rendimento de grãos nos tratamentos glyphosate e testemunha infestada pode ser explicada, em parte, pelas menores massas de mil grãos (MMG) observadas, com 165 g e 143 g, respectivamente (Figura 3B). Os melhores resultados para essa variável foram obtidos no tratamento glyphosate + clethodim com aplicação sequencial de cloransulam, com MMG de 183,2 g. Ainda, a redução do rendimento de grãos nesses tratamentos pode também estar relacionada à maior sobrevivência de capim-amargoso (Figura 1A) e de buva (Figura 1B). A sobrevivência de cerca de 8 e 10 plantas m<sup>-2</sup> de capim-amargoso e de 7 e 16 plantas m<sup>-2</sup> de buva nos tratamentos glyphosate e testemunha infestada, respectivamente, geraram competição e significativa redução no rendimento de grãos. O capim-amargoso apresenta grande efeito sobre a o rendimento de grãos da soja, mesmo em baixas densidades. Uma única planta por m<sup>2</sup> pode reduzir o rendimento de grãos de soja em 500 a 1.400 kg ha<sup>-1</sup> (GAZZIERO et al., 2019). Outros trabalhos indicam que essa planta daninha, na densidade de 1 a 3 plantas por m<sup>2</sup>, pode causar redução de 23,5% no rendimento de grãos de

soja, e de 44,5% quando a densidade for de 4 a 8 plantas de capim-amargoso por m<sup>2</sup> (GAZZIERO et al., 2012). A buva, por sua vez, pode causar reduções no rendimento de grãos de soja de até 48%, sendo que densidades de 16 e 18 plantas por m<sup>2</sup> reduzem o rendimento de grãos em 1.174 e 1.469 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (GAZZIERO et al., 2010). Estudos recentes demonstram que uma planta de buva por m<sup>2</sup> pode reduzir o rendimento de grãos da soja em 14%, ou em 570 kg ha<sup>-1</sup>. Com o aumento da infestação para 10 plantas por m<sup>2</sup>, a redução é de 59% no rendimento de grãos (ALBRECHT et al., 2018).

Considerando o custo de controle de cada um dos métodos avaliados, o tratamento composto por capina foi o que apresentou maior custo, equivalente a R\$ 240,00 ha<sup>-1</sup> (Figura 4A). Em seguida, os tratamentos compostos pelos três mecanismos de ação, glyphosate + haloxyfop com sequencial de chlorimuron-ethyl, e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam, foram os que apresentaram maiores custos, de R\$ 131,30 e R\$ 203,19 há<sup>-1</sup>, respectivamente. O tratamento composto apenas por glyphosate custou R\$ 54,40 ha<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Custo de controle (R\$ ha<sup>-1</sup>) (A) e receita líquida da soja (R\$ ha<sup>-1</sup>) (B) em resposta à aplicação de diferentes tratamentos no controle de plantas daninhas na cultura da soja. Para a receita líquida foi subtraído o custo de controle do valor total da produção, considerando-se R\$ 65,50 por saca de 60 kg de soja.

O tratamento capinado apresentou maior custo e menor rendimento de grãos em comparação aos manejos químicos com herbicidas com diferentes mecanismos de ação (Figura 3A). Dessa forma, a receita foi maior nos tratamentos formados pelos herbicidas glyphosate + haloxyfop com sequencial de chlorimuron-ethyl e glyphosate + clethodim com sequencial de cloransulam (Figura 4B). Embora o uso de vários herbicidas com diferentes mecanismos de ação para o controle de plantas daninhas resistentes, como buva e capim-amargoso, possa aumentar o custo de controle em até 400% em relação a áreas sem resistência (ADEGAS et al., 2017), a escassez de mão-de-obra e o seu alto custo tornam a capina manual uma alternativa limitada de controle, principalmente em grandes áreas e com alta infestação.

#### 4. Conclusões

O uso de diferentes mecanismos de ação associados ao glyphosate apresenta-se eficaz no controle de plantas daninhas na cultura da soja.

O uso de apenas glyphosate causa redução de 37% na produtividade da soja em áreas com presença de capim-amargoso e buva resistentes a esse herbicida.

A capina, embora seja eficiente no controle de plantas daninhas resistentes ao glyphosate, é um método de controle de alto custo.

O rendimento de grãos e a rentabilidade da soja são maiores em programas de manejo com a inclusão de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, como inibidores da EPSPS, da ACCase e da ALS.

#### Referências

Adegas, F. S.; Gazziero, D. L. P.; Voll, E.; Osipe, R. Alternativas de controle químico de *Digitaria insularis*

resistente ao herbicida glyphosate. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. n.161.

Adegas, F. S.; Vargas, L.; Gazziero, D. L. P.; Karam, D. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Londrina: Embrapa, **Circular técnica 132**, 12 p., 2017.

Albrecht, A. J. P. et al. Interferência de densidades populacionais de buva na produtividade de soja. In: XXXI Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas: desafios e sustentabilidade no manejo de plantas daninhas / Santos, J.B.; Pinho, C.F. **Resumos ...** Londrina: Editora da SBCPD, 2018. 665 p.

Battisti, R.; Sentelhas, P. C.; Pascoalino, J. A. L.; Sako, H.; Dantas, J. P. S.; Moraes, M. F. Soybean yield gap in the areas of yield contest in Brazil. **International Journal of Plant Production**, v. 12, n. 3, p. 159-168, 2018.

Benbrook, C. M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. **Environmental Sciences Europe**, v. 28, n. 3, p. 1-15, 2016.

Canteri M. G.; Althaus R. A.; Virgens Filho J. S.; Giglioti E. A.; Godoy C. V. SASM - Agri – Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.

Christoffoleti, P. J.; López-Ovejero, R. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 507-515, 2003.

Cobb, A.H.; Reade, J.P.H. **Herbicides and Plant Physiology**. UK: Wiley-Blackwell, 2<sup>nd</sup> edition, 296 p. 2010.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Sfredo, GJ (Ed.), EMBRAPA Soja (**Documentos 305**), Londrina, Brasil, 148 p. 2008.
- Gazziero, D. L. P.; Adegas, F. S.; Silva, A. F.; Concenço, G. Estimating Yield Losses in Soybean Due to Sourgrass Interference. **Planta Daninha**, v. 37, e019190835, 2019.
- Gazziero, D. L. P.; Adegas, F. S.; Voll, E.; Vargas, L.; Karam, D.; Matallo, M. B.; Cerdeira, A. L.; Fornaroli, D. A.; Osipe, R.; Spengler, A. N.; Zoia, L. Interferência da buva em áreas cultivadas com soja. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27., Ribeirão Preto, 2010. **Anais...** Londrina: SBCPD, p. 1555-1558.
- Gazziero, D. L. P.; Voll, E.; Fornaroli, D.; Vargas, L.; Adegas, F. S. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 28., Campo Grande, 2012. **Anais...** Londrina: SBCPD, 6 p. trabalho 733.
- Heap, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Online. Internet. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 21 fev. 2020.
- Kaspary, T. E.; Lamego, F. P.; Cutti, L.; Aguiar, A. C. M.; Rigon, C. A. G.; Basso, C. J. Growth, phenology and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hairy fleabane. **Bragantia**, v. 76, p. 92-101, 2017.
- Kruse, N. D.; Trezzi, M. M.; Vidal, R. A. Herbicidas inibidores da EPPS: Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1; n. 2, p. 139-146, 2000.
- Kukorelli, G.; Reisinger, P.; Pinke, G. ACCase inhibitor herbicides - selectivity, weed resistance and fitness cost: A review. **International Journal of Pest Management**, v. 59, n. 3, p. 165-173, 2013.
- Machado, A. F. L.; Ferreira, L. R.; Ferreira, F. A.; Fialho, C. M. T.; Tuffi Santos, L. D.; Machado, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.
- Martins, D.; Santana, D. C.; Souza, G. S. F.; Bagatta, M. V. B. Manejo químico de espécies de trapoeraba com aplicação isolada e em mistura de diferentes herbicidas. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 21-28, 2012.
- Matzenbacher, F.O.; Kalsing, A.; Dalazen, G.; Markus, C.; Merotto Jr. Antagonismo é o efeito predominante em misturas de herbicidas utilizados para o controle de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) resistente a imidazolinonas. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 587-597, 2015.
- Mendonça, G. S.; Martins, C. C.; Martins, D.; Costa, N. V. Ecophysiology of seed germination in *Digitaria insularis* (L.) Fedde. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, p. 823-832, 2014.
- Mondo, V. H. Z.; Carvalho, S. J. P.; Dias, A. C. R.; Marcos F. J. Light and temperature effects on the seed germination of four *Digitaria* weed species. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 131-137, 2010.
- Monquero, P. A.; Christoffoleti, P. J.; Matas, J. A.; Heredia, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 203-210, 2004a.
- Monquero, P. A., Christoffoleti, P. J., Osuna, M. D. e De Prado, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004b.
- Monquero, P. A.; Silva, A. C. Efeito do período de chuva no controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea purpurea* pelos herbicidas glyphosate e sulfosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 399-404, 2007.
- Oerke, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 31-43, 2006.
- Peressin, V.A.; Victória Filho, R.; Percin, D. Misturas de herbicidas: efeitos de adjuvantes no controle de plantas infestantes na cultura da soja. **Bragantia**, v. 56, n. 1, p. 103-116, 1997.
- Piccinini, F.; Reimche, G.; Casagrande, G. S.; Coradini, C.; Machado, S. L. O. Aplicações isoladas ou associadas de glifosato e saflufenacil para o controle de *Ipomoea triloba* e *Ipomoea purpurea*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15; p. 150-159, 2012.
- Rodrigues, G.; Dal Pra, L.; Zanella, J.; Donazzolo, J.; Gouvea, A.; Fachin, G.; Choaste G.; Simom, L.; Martendal, H.; Mazaro, S. M. Manejo de ervas daninhas em lavouras de soja no sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 01, p. 144-149, 2006.
- Sasaki, Y., Konishi, T., Nagano, Y. The compartmentation of acetyl-CoA carboxylase. **Plant Journal**, v. 18, p. 521-527, 1995.
- Silva, A. F. M., Albrecht, A. J. P., Albrecht, L. P., Victoria Filho, R., Giovanelli, B. F. Application of post-emergence als inhibitor herbicides associated or not to glyphosate in RR/STS soybean. **Planta Daninha**, v. 34, n. 4, p. 765-776, 2016.
- Ulloa, S. M.; Owen, M. D. K. Response of asiatic dayflower (*Commelina communis*) to glyphosate and alternatives in soybean. **Weed Science**, v. 57, n. 1, p. 74-80, 2009.
- Vargas, L.; Roman, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, (**Embrapa Trigo. Documentos Online, 62**). 23 p. 2006.

Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do62.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm). Acesso em: 12 mar. 2019.

Vitorino, H. S.; Martins, D. Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de *Ipomoea grandifolia*. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 185-191, 2012.

Voll, E.; Adegas, F. S.; Gazziero, D. L. P.; Brighenti, A. M.; Oliveira, M. C. N. Amostragem do banco de semente e flora emergente de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 211-218, 2003.

Voll, E.; Domit, L. A.; Gazziero, D. L. P.; Rodrigues, B. N.; Adegas, F. S.; Costa, J. M.; Wobeto, C. Levantamento de banco de sementes e de flora daninha emergente, no manejo integrado de plantas daninhas em lavouras de soja no Paraná - 95/96. In: **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 7, n. 1/2, p. 121, 1997. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124931/1/id-224370001.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2019.