

Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em soja para o controle de plantas daninhas

Selectivity and efficacy of herbicides applied to soybean for weed control

Leandro Galon

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: leandro.galon@uffs.edu.br

OrcID: <https://orcid.org/0000-0002-1819-462X>

Daniel Cristian Cavaletti

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: danielcavaletti@gmail.com

OrcID: <https://orcid.org/0000-0001-7771-3234>

Maicon Rodrigues da Silva

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: maiconrodriguesagro@gmail.com

OrcID: <https://orcid.org/0000-0003-0838-6991>

Alexandre Ferreira da Silva

Embrapa Milho e Sorgo

E-mail: alexandre.ferreira@embrapa.br

OrcID: <https://orcid.org/0000-0002-4877-2830>

Otilo Daniel Henz Neto

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: otilohenz@gmail.com

OrcID: <https://orcid.org/0000-0002-6437-690X>

Data de recebimento: 08/03/2022

Data de aprovação: 10/06/2022

DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15715>

Resumo: O controle de plantas daninhas infestantes na soja torna-se prática importante para evitar perdas na produtividade de grãos. Diante disso, objetivou-se avaliar a seletividade e a eficácia de herbicidas pré-emergentes associados ou não ao glyphosate aplicado em pós-emergência da cultivar de soja DM 57i52. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram testados 15 tratamentos consistindo no uso de três doses de cada mistura comercial dos herbicidas pré-emergentes, imazethapyr+flumioxazin e sulfentrazone+diuron, associadas ou não ao glyphosate aplicado em pós-emergência. Em paralelo foram conduzidas duas testemunhas, capinada e infestada. As misturas formuladas dos herbicidas imazethapyr+flumioxazin e sulfentrazone+diuron demonstraram ser seletivas à soja. A mistura de imazethapyr+flumioxazin apresentou maior eficiência no controle de papuã e da guanxuma. O uso de herbicidas pré-emergentes associados ao glyphosate aplicado em pós-emergência favoreceu o aumento da produtividade de grãos da soja.

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

Abstract: Weed control in soybean crop becomes an important practice to avoid grain yield losses. Therefore, aimed to evaluate the selectivity and efficacy of pre-emergent herbicides associated or not with glyphosate applied in post-emergence of the soybean cultivar DM 57i52. The experiment was carried out in a randomized block design, with four replicates. There were tested 15 treatments consisting in use of three doses of each commercial mixture of pre-emergence herbicides imazethapyr+flumioxazin and sulfentrazone+diuron, associated or not with glyphosate, applied post-emergence. In parallel, two controls were conducted, weeded and infested. The formulated mixtures of the herbicides imazethapyr+flumioxazin and sulfentrazone+diuron proved to be selective to soybean. The imazethapyr+flumioxazin mixture showed greater efficiency in the control of alexandergrass and arrowleaf sida. The use of pre-emergence herbicides associated with glyphosate applied in post-emergence favored an increase in soybean grain yield.

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

1 Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é cultivada em aproximadamente 127 milhões de hectares, com produção estimada em 361 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor mundial dessa cultura (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos [USDA], 2022). A produção de soja brasileira na safra 2020/21 foi de mais de 138 milhões de toneladas, com produtividade média de 3,5 t ha⁻¹ (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2022). Este valor encontra-se abaixo do potencial produtivo da cultura, o que pode ser atribuído à influência de fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos, o manejo inadequado de plantas daninhas pode ser considerado um dos principais limitantes da produtividade de grãos da soja (Koehler-Cole, Proctor, Elmore, Wedin, 2021). As perdas ocasionadas pela interferência das plantas daninhas infestantes da cultura da soja podem ser superiores a 52%, caso não seja adotado nem um método de manejo (Silva *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2017).

O método de controle químico se caracteriza como principal alternativa para o controle de plantas daninhas. Dentre as características que contribuem para a sua maior adesão, pode-se citar a maior eficiência, praticidade, economia e rapidez na operação (Nunes, Lorenset, Gubiani, Santos, 2018; Arsenijevic, DeWerff, Conley, Ruark, Werlir, 2022). O glyphosate é uma das principais moléculas herbicidas utilizadas para o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura da soja. Entretanto, o seu uso inadequado tem promovido a seleção de biótipos resistentes e de espécies de difícil controle (Lucio *et al.*, 2019). Estas plantas se encontram amplamente distribuídas pelo território nacional e tem ocasionado severas perdas econômicas no sistema de produção da soja (Adegas *et al.*, 2017). Este fato tem contribuído para o aumento do uso de herbicidas pré-emergentes a fim de melhorar a eficácia de controle da comunidade infestante na cultura (Nunes *et al.*, 2018).

A utilização de herbicidas pré-emergentes possibilita a aplicação de moléculas de diferentes mecanismos de ação no sistema de produção da soja (Arsenijevic *et al.*, 2022). O seu efeito residual no solo favorece o crescimento inicial da cultura no limpo e pode contribuir para a melhoria de eficácia do glyphosate na pós-emergência da soja (Rizzardì, Rockenbach, Schneider, 2020). Este fato pode estar relacionado ao controle e supressão de crescimento de algumas espécies. A redução da taxa de crescimento da planta daninha possibilita maior vantagem competitiva à cultura e/ou maior eficácia do glyphosate quando aplicado sobre plantas em estádios iniciais de desenvolvimento (Lopez-Overejo *et al.*, 2013). Entretanto, o uso destes herbicidas merece ser realizado com atenção, pois podem ocasionar fitointoxicação à cultura.

A suscetibilidade da soja aos herbicidas pré-emergentes pode estar relacionada a cultivar, características físicas e químicas do solo, condições ambientais e a dose do herbicida utilizado (Santin *et al.*, 2019; Rizzardi *et al.*, 2020). Desse modo, pesquisas que venham estudar a seletividade e a eficácia de herbicidas pré-emergentes aplicados em diferentes doses na soja são extremamente importantes, já que esses produtos têm sido muito usados em lavouras onde se tem plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao glyphosate e assim há essas opções de manejo para evitar a competição entre as plantas.

Deste modo, objetivou-se avaliar a eficácia no controle de plantas daninhas e a seletividade das misturas comerciais de sulfentrazone + diuron e imazethapyr + flumioxazin, herbicidas pré-emergentes aplicadas de modo isolado ou associados ao glyphosate na cultura da soja, cultivar DM 57i52.

2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim-RS, de outubro de 2019 a março de 2020. A semeadura foi efetuada no sistema de plantio direto na palha, sendo a área cultivada anteriormente com a cobertura de inverno, composta pela mistura de aveia preta + nabo. A dessecação dessa vegetação foi realizada com glyphosate + setoxydim (1335 + 184 g ha⁻¹), 30 dias antes da semeadura da soja, apresentando produtividade de massa seca de 5,8 Mg ha⁻¹. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Alumíferico Húmico (Santos *et al.*, 2018), com as seguintes características químicas e físicas: pH em água de 4,8; MO = 3,3%; P= 6,3 mg dm⁻³; K= 106,0 mg.dm⁻³; Al³⁺= 0,9 cmolc dm⁻³; Ca²⁺= 5,1 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 3,3 cmolc dm⁻³; CTC(t)= 9,8 cmolc dm⁻³; CTC(TpH=7,0)= 17,6 cmolc dm⁻³; H+Al= 8,7 cmolc dm⁻³; SB= 9,2 cmolc dm⁻³; V= 51%; e Argila= 62.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, sendo composto por 15 tratamentos, consistindo no uso de duas misturas formuladas em três doses distintas, aplicadas isoladas na pré-emergência da cultura e complementadas pela aplicação de glyphosate em pós-emergência, além de uma testemunha capinada e outra infestada e do uso isolado de glyphosate de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento, respectivas doses de produto técnico (ingrediente ativo), produto comercial e modalidade de aplicação.

Table 1. Treatments used in experiment, respective doses of technical product (active ingredient), commercial product and application modality.

Tratamentos	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Dose (L ha ⁻¹)	Modalidade de aplicação
T01 - Testemunha capinada	---	---	---
T02 - Testemunha infestada	---	---	---
T03 - Sulfentrazone+diuron	245+490	1,4	Pré-emergente
T04 - Sulfentrazone+diuron	315+630	1,8	Pré-emergente
T05 - Sulfentrazone+diuron	280+560	1,6	Pré-emergente
T06 - Imazethapyr+flumioxazin	84,8+40	0,4	Pré-emergente
T07 - Imazethapyr+flumioxazin	106+50	0,5	Pré-emergente
T08 - Imazethapyr+flumioxazin	127,2+60	0,6	Pré-emergente
T09 - Sulfentrazone+diuron+glyphosate	245+490+1335	1,4+3,0	Pré/pós-emergente
T10 - Sulfentrazone+diuron+glyphosate	280+560+1335	1,6+3,0	Pré/pós-emergente
T11 - Sulfentrazone+diuron+glyphosate	315+630+1335	1,8+3,0	Pré/pós-emergente
T12 - Imazethapyr+flumioxazin+glyphosate	84,8+40+1335	0,4+3,0	Pré/pós-emergente
T13 - Imazethapyr+flumioxazin+glyphosate	106+50+1335	0,5+3,0	Pré/pós-emergente
T14 - Imazethapyr+flumioxazin+glyphosate	127,2+60+1335	0,6+3,0	Pré/pós-emergente
T15 - Glyphosate	1335	3,0	Pós-emergente

Fonte: Elaborada pelo autor (2022). **Source:** Prepared by the author (2022).

A correção da fertilidade do solo foi realizada com base no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo [NRS-SBCS], Comissão de Química e Fertilidade do Solo [CQFS-RS/SC], NRS-SBCS, 2016), de acordo com a análise química para a cultura da soja. A adubação química no sulco de semeadura foi de 433 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20 de N-P-K. A soja foi semeada no espaçamento entre linhas de 0,50 m e densidade de 17,5 sementes por metro linear, o que proporcionou densidade de, aproximadamente, 350.000 plantas ha⁻¹. A cultivar utilizada foi DM 57i52, pertencente ao grupo de maturação relativa (GMR 5.7), com hábito de crescimento de ciclo indeterminado.

Cada unidade experimental foi composta por uma área de 15 m² (5 x 3 m), com seis linhas de soja. A área útil correspondeu as quatro linhas centrais, descontando-se 0,5 m de bordadura frontais e finais de cada parcela, totalizando 6 m². As aplicações dos herbicidas foram realizadas com pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização, do tipo leque DG110.02, mantendo uma pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento em 3,6 km h⁻¹ o que proporcionou uma vazão de 150 L ha⁻¹.

As aplicações de pré-emergência foram realizadas no dia seguinte à semeadura da soja, já as de pós-emergência aos 21 dias após a emergência quando a cultura se encontrava no estágio V3. As condições ambientais no momento de aplicação dos tratamentos em pré e pós-emergência da cultura da soja e das plantas daninhas estão detalhadas na Tabela 2. Condições meteorológicas durante a condução do experimento estão apresentadas na Figura 1.

As avaliações de fitotoxicidade das plantas de soja e controle de plantas daninhas foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a emergência da soja (DAE), mais uma avaliação efetuada no estágio de florescimento pleno da cultura. Para a avaliação de fitotoxicidade e controle dos herbicidas foram atribuídas notas percentuais utilizando escala de zero (0%) a cem (100%), em que zero corresponde à ausência de injúrias na cultura ou de controle das plantas daninhas, e cem a morte da cultura e/ou controle total da comunidade infestante (Velini, Osipe, Gazziero, 1995).

Tabela 2. Condições ambientais no momento da aplicação dos tratamentos em pré e pós-emergência da cultura da soja e das plantas daninhas. UFFS, Erechim-RS, safra agrícola 2019/20.

Table 2. Environmental conditions at the time of treatments application in pre and post-emergence of soybean and weeds.

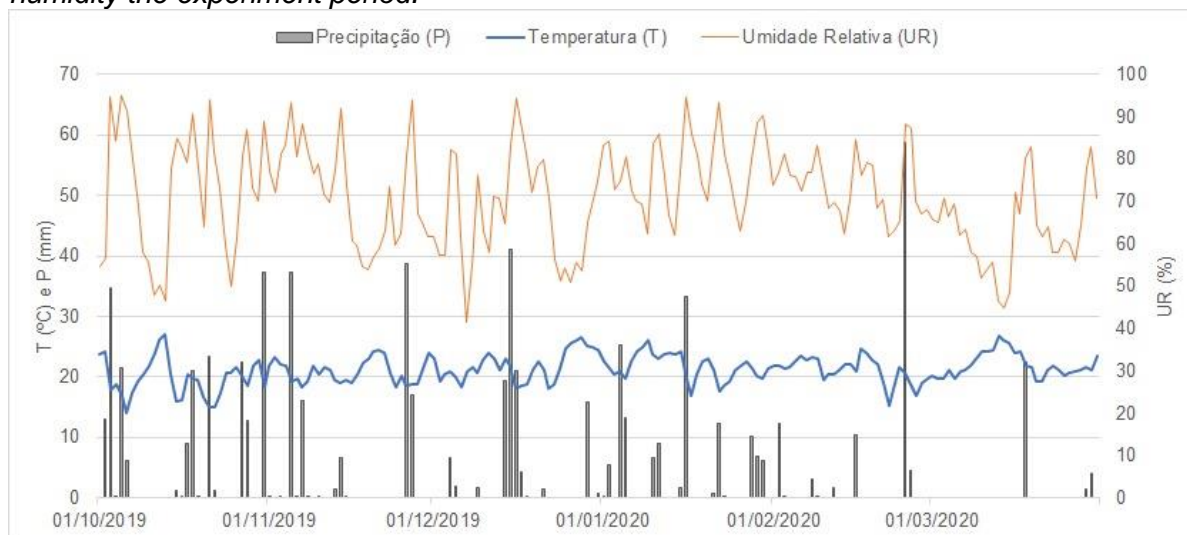
Época da aplicação	Luminosidade (%)	Temperatura (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Condições de solo	Velocidade do vento (km h ⁻¹)
Pré-emergência	100	28	40	friável	4,0
Pós-emergência	100	30	32	friável	9,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2022). **Source:** Prepared by the author (2022).

As plantas daninhas presentes na área são provenientes do banco de sementes do solo, sendo elas: *Urochloa plantaginea* (papuã) e *Sida rhombifolia* (guanxuma), nas densidades de 154 e 60 plantas m⁻², respectivamente.

Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa (%) média no período de realização do experimento.

Figure 1. Average of precipitation (mm), average temperature during and average relative humidity the experiment period.



Fonte: Adaptado do INMET (2022). **Source:** Adapted from INMET (2022).

Aos 80 dias após a semeadura da soja, quando a cultura se apresentava no estágio fenológico de R.1, foram avaliadas características relacionadas à fisiologia das plantas, tais como a atividade fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática ($G_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), uso eficiente da água ($\text{UEA} - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e eficiência da carboxilação ($\text{EC} - \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Para a determinação das variáveis fisiológicas utilizou-se um analisador de gases infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), sendo que foi determinado um bloco ao dia, entre oito e 11 h da manhã, para que as condições ambientais fossem o mais homogêneas possíveis durante as análises.

Na pré-colheita da soja, foi avaliado em dez plantas de cada unidade experimental, o número de vagens por plantas e número de grãos por vagem por contagem, sendo posteriormente mensurada a massa de grãos dessas plantas somadas ao que se colheu da área útil, para a estimativa da produtividade de grãos. A colheita da soja foi realizada quando os grãos atingiram, aproximadamente, 18% de umidade. Foi realizada a colheita manual das plantas da área útil de cada parcela e imediatamente após foi efetuada a trilha das vagens. Após a aferição das massas dos grãos foi determinada sua umidade e em seguida, as massas foram corrigidas para o teor de 13% de umidade e os valores extrapolados para kg ha^{-1} . Determinou-se, também, a massa de mil grãos (g), contando-se 8 amostras de 100 grãos em cada repetição e pesando-se as mesmas em balança analítica.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e aditividade e após a comprovação da normalidade dos erros realizou-se a análise de variância pelo teste F, sendo significativos foi aplicado o teste Scott – Knott ($p \leq 0,05$).

3 Resultados e Discussão

Houve efeito significativo dos tratamentos para todas as variáveis estudadas: fitotoxicidade (Tabela 3), efeitos fisiológicos (Tabela 4), controle de plantas daninhas (Tabela 5 e 6) e sobre os componentes de rendimento de grãos da soja (Tabela 7).

De maneira geral, os herbicidas pré-emergentes apresentaram seletividade semelhante e ocasionaram baixos níveis de injúrias à cultura (Tabela 3). O aumento das doses não apresentou relação direta com os sintomas de fitotoxicidade à soja. Estudos demonstram que a relação entre o aumento da dose de herbicidas pré-emergentes e dos níveis de fitotoxicidade está relacionada, principalmente, à características físico-químicas dos solos, condições climáticas e suscetibilidade da cultivar (Takeshita, Mendes, Alonso, Tornisielo, 2019; Arsenijevic *et al.*, 2022).

A aplicação do glyphosate ocasionou pequeno aumento nos níveis de fitotoxicidade à cultura, principalmente, quando feita após o uso da mistura formulada de sulfentrazone + diuron (Tabela 3). A maior susceptibilidade da cultura ao glyphosate após o uso de pré-emergentes é fator recorrente em várias pesquisas (Osipeet *et al.*, 2014; Santin *et al.*, 2019). Isto pode ser atribuído a alterações metabólicas ocasionadas pelos pré-emergentes, tornando a cultura mais suscetível. Avaliações realizadas no pleno florescimento demonstram que os níveis de fitotoxicidade diminuíram com o desenvolvimento da cultura. As injúrias observadas neste estágio de desenvolvimento não ultrapassaram 9%, sendo consideradas baixas.

Tabela 3. Fitotoxicidade (%) da soja cultivar DM 57i52 em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência de modo isolado ou associado ao glyphosate em pós-emergência.

Table 3. Phytotoxicity (%) of herbicides applied in pre-emergence alone or associated with glyphosate in post-emergence on soybean cultivar DM 57i52 as a function of the application.

Tratamentos	Fitotoxicidade à cultivar de soja DM 57i52 (%)				
	7 DAE ¹	14 DAE	21 DAE	28 DAE	Flor ²
T01 - Testemunha capinada	0 f*	0 d	0 e	0 e	0 f
T02 - Testemunha infestada	0 f	0 d	0 e	0 e	0 f
T03 - Sulfentrazone+diuron	7 d	9 b	8 c	7 d	1 e
T04 - Sulfentrazone+diuron	12 a	8 b	9 b	11 b	1 e
T05 - Sulfentrazone+diuron	9 c	10 a	8 c	9 c	0 f
T06 - Imazethapyr+flumioxazin	7 d	5 c	6 d	8 d	4 c
T07 - Imazethapyr+flumioxazin	9 c	9 b	8 c	9 c	5 c
T08 - Imazethapyr+flumioxazin	7 d	11 a	11 a	11 b	5 c
T09 - Sulfentrazone+diuron+glyphosate	9 c	7 b	8 c	10 c	9 a
T10 - Sulfentrazone+diuron+glyphosate	11 b	10 a	10 b	9 c	7 b
T11 - Sulfentrazone+diuron+glyphosate	10 c	10 a	12 a	15 a	9 a
T12 - Imazethapyr+flumioxazin+glyphosate	5 e	10 a	9 b	8 d	3 d
T13 - Imazethapyr+flumioxazin+glyphosate	7 d	10 a	9 b	10 c	3 d
T14 - Imazethapyr+flumioxazin+glyphosate	6 e	8 b	9 b	11 b	4 c
T15 - Glyphosate	---	---	---	0 e	5 c
CV (%)	12,04	13,78	8,14	11,85	21,99

¹ Dias após a emergência da soja. * Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a ($p \leq 0,05$). ² Florescimento. (---) Tratamento avaliado a partir dos 21 DAE (dias após a emergência da soja). **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022). ¹ *Days after soybean emergence.* * Means followed by the same letters in the column do not differ from each other by the Scott-Knott test a ($p \leq 0.05$). ² Flowering (---) Treatment evaluated from 21 DAE (days after soybean emergence). **Source:** Prepared by the author (2022).

Os parâmetros fisiológicos foram afetados de maneira inconsistente pelos tratamentos aplicados, não apresentando relação direta entre eles (Tabela 4). A maior condutância estomática (GS) pode contribuir para maior concentração interna de CO₂ (Ci) favorecendo o aumento da taxa fotossintética (A). Plantas com altas A tendem a apresentar melhor uso eficiente da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) (Concenço *et al.*, 2007). A inconsistência dos dados pode ser atribuída ao intervalo compreendido entre a aplicação dos herbicidas e as avaliações fisiológicas. O longo intervalo decorrido entre estas duas atividades, associado aos baixos sintomas de

fitotoxicidade ocasionados pelos tratamentos, indicam que não houve influência dos herbicidas na capacidade fotossintética das plantas. Desse modo, fica evidente que os herbicidas testados não influenciaram as características fisiológicas da soja, ou seja, demonstrando assim elevada seletividade. Ao trabalharem com outros herbicidas, Galon *et al.* (2014) também constataram não ocorrer efeitos na fisiologia de diferentes culturas, aos 60 dias após a emergência, devendo-se esse fato especialmente à capacidade que essas apresentam de metabolizar os produtos.

Tabela 4. Variáveis fisiológicas, condutância estomática (G_s - $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), atividade fotossintética (A , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), uso eficiente da água (EUA, $\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) e eficiência de carboxilação (EC, $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) da soja cultivar DM 57i52 em função da aplicação de herbicidas.

Table 4. Physiological variables stomatal conductance (G_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), internal concentration of CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), photosynthetic rate (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), water use efficiency (EUA, $\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) and carboxylation efficiency (EC, $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) of soybean cultivar DM 57i52 as a function of herbicide application.

Tratamentos	Variáveis fisiológicas da soja cultivar DM 57i52				
	G_s	C_i	A	EUA	EC
T01 - Testemunha capinada	0,22 b*	241 c	15,5 a	5,95 b	0,062 b
T02 - Testemunha infestada	0,21 b	249 b	14,0 b	5,56 b	0,060 b
T03 - Sulfentrazone + diuron	0,32 a	245 b	18,9 a	5,95 b	0,080 a
T04 - Sulfentrazone + diuron	0,22 b	246 b	14,5 b	5,53 b	0,060 b
T05 - Sulfentrazone + diuron	0,20 c	233 c	13,1 b	5,30 b	0,057 b
T06 - Imazethapyr. + flumioxazin	0,18 c	220 d	17,6 a	7,77 a	0,080 a
T07 - Imazethapyr+ flumioxazin	0,21 b	259 a	14,8 b	5,70 b	0,060 b
T08 - Imazethapyr + flumioxazin	0,17 c	238 c	14,1 b	6,14 b	0,060 b
T09 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	0,21 b	234 c	13,3 b	5,52 b	0,057 b
T10 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	0,18 c	268 a	12,9 b	5,68 b	0,050 b
T11 - Sulfentrazone + diuron+ glyphosate	0,18 c	236 c	14,0 b	5,87 b	0,060 b
T12 - Imazethapyr+ flumioxazin + glyphosate	0,23 b	249 b	15,1 b	5,60 b	0,060 b
T13 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	0,16 c	250 b	12,6 b	5,83 b	0,050 b
T14 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	0,16 c	228 d	16,3 a	7,01 a	0,072 a
T15 - Glyphosate	0,24 b	245 b	16,2 a	6,06 b	0,067 a
CV (%)	14,88	3,06	12,41	10,84	12,82

* Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a ($p \leq 0,05$). **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022). * Means followed by the same letters in the column do not differ from each other by the Scott-Knott test a ($p \leq 0,05$). **Source:** Prepared by the author (2022).

Ao se avaliar a eficácia dos tratamentos (Tabelas 5 e 6) no controle da comunidade infestante, denota-se que podem ser utilizados de forma singular, para as plantas daninhas, *Urochloa plantaginea* (papuã) e *Sida rhombifolia* (guanxuma). Avaliando o controle de papuã, dos 7 aos 21 dias após a emergência (DAE), observou-se que todos os tratamentos apresentaram notas de controle igual ou superior a 80%, exceção ao tratamento 3 (sulfentrazone + diuron) que demonstrou nível de controle próximo a este valor e ao 15 (glyphosate), que não havia sido aplicado ainda no ensaio (Tabela 5). De acordo com Oliveira, Freitas e Vieira (2009), um herbicida para ser considerado eficiente deve apresentar eficácia igual ou maior a 80% das plantas daninhas-alvo. Desse modo, os tratamentos que demonstram controle de papuã e/ou de guanxuma acima do mínimo exigido (80%) podem ser utilizados para o manejo dessas plantas daninhas infestantes da soja.

Tabela 5. Controle (%) de papuã - *Urochloa plantaginea*, infestante na cultura da soja cultivar DM 57i52 em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência de modo isolado ou associado ao glyphosate em pós-emergência.

Table 5. Control (%) of alexandergrass - *Urochloa plantaginea*, weed in soybean (cultivar DM 57i52), in function of herbicides application in pre-emergence alone or associated with glyphosate in post-emergence.

Tratamentos	Controle de papuã (%)				
	7 DAE ¹	14 DAE	21 DAE	28 DAE	Flor ² .
T01 - Testemunha capinada	100 a*	100 a	100 a	100 a	100 a
T02 - Testemunha infestada	0 g	0 e	0 f	0 f	0 g
T03 - Sulfentrazone + diuron	90 c	89 d	78 e	68 e	46 f
T04 - Sulfentrazone + diuron	95 b	93 b	91 c	91 b	63 d
T05 - Sulfentrazone + diuron	91 c	94 b	91 c	86 c	55 e
T06 - Imazethapyr. + flumioxazin	89 c	91 c	91 c	91 b	87 c
T07 - Imazethapyr+ flumioxazin	90 c	89 d	88 d	87 c	90 b
T08 - Imazethapyr + flumioxazin	90 c	96 b	94 b	92 b	93 b
T09 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	90 c	88 d	94 b	97 a	97 a
T10 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	94 b	94 b	94 b	98 a	100 a
T11 - Sulfentrazone + diuron+ glyphosate	95 b	91 c	95 b	99 a	98 a
T12 - Imazethapyr+ flumioxazin + glyphosate	80 f	90 c	94 b	99 a	100 a
T13 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	85 e	93 b	95 b	98 a	100 a
T14 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	87 d	94 b	95 b	99 a	100 a
T15 - Glyphosate	---	---	---	80 d	97 a
CV (%)	1,32	1,73	1,98	2,94	6,84

¹ Dias após a emergência da soja. * Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a ($p \leq 0,05$). ² Florescimento. (---) Tratamento avaliado a partir dos 21 DAE (dias após a emergência da soja). **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022). ¹ Days after soybean emergence. * Means followed by the same letters in the column do not differ from each other by the Scott-Knott test a ($p \leq 0,05$). ² Flowering (---) Treatment evaluated from 21 DAE (days after soybean emergence). **Source:** Prepared by the author (2022).

Aos 28 DAE o tratamento 3 apresentou 68% de controle de papuã, o menor nível dentre os herbicidas (Tabela 5). As doses mais altas deste herbicida continuaram apresentando níveis de controle superiores a 80%. Observou-se que glyphosate avaliado aos 28 DAE foi superior somente à testemunha infestada e ao tratamento 3, no entanto, com índice de controle de 80%, o mínimo exigido para recomendação de manejo de plantas daninhas. O aumento de controle ocasionado pelo uso do glyphosate se torna mais evidente no período da floração, em que todos os tratamentos que receberam a aplicação deste herbicida apresentaram níveis de controle similar à testemunha capinada. Autores relatam a necessidade do uso complementar de um herbicida pós-emergente para promover melhor eficácia de controle da comunidade infestante (Brunharo, Christoffoleti, Nicolai, 2014; Nonemacher *et al.*, 2017; Nunes *et al.*, 2018; Rizzardi *et al.*, 2020).

Nas avaliações do controle de guanxuma realizadas aos 7 e 14 DAE, o uso dos herbicidas pré-emergentes apresentou 100% de eficácia (Tabela 6). Aos 21 DAE o nível de controle dos tratamentos continuam adequados, sendo que a mistura de imazethapyr + flumioxazin apresentou resultados mais consistentes. Aos 28 DAE, assim como para o controle de papuã, o tratamento 3 (sulfentrazone + diuron) e o 15 (glyphosate) se caracterizaram por apresentarem menor controle. No período da floração da soja o maior nível de controle foi obtido pelo uso isolado de sulfentrazone + diuron, correspondendo a 66%, enquanto que para imazethapyr + flumioxazin, em todos os tratamentos dessa mistura ocorreu 100% de controle. No entanto, quando o glyphosate é aplicado em pós-emergência, a eficiência de controle de todos os tratamentos herbicidas se equivale. O uso isolado de glyphosate na pós-emergência da soja, para o controle de guanxuma apresentou resultado semelhante ao controle de papuã, porém com índice de 100% de controle ao ser usado em guanxuma e de 97% em papuã.

Tabela 6. Controle (%) de guanxuma (*Sida rhombifolia*), infestante na cultura da soja cultivar DM 57152 em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência de modo isolado ou associado ao glyphosate em pós-emergência.

Table 6. Control (%) of arrowleaf - *Sida rhombifolia*, weed in soybean (cultivar DM 57152), in function of herbicides application in pre-emergence alone or associated with glyphosate in post-emergence.

Tratamentos	Controle de guanxuma (%)				
	7 DAE ¹	14 DAE	21 DAE	28 DAE	Flor ² .
T01 - Testemunha capinada	100 a*	100 a	100 a	100 a	100 a
T02 - Testemunha infestada	0 b	0 b	0 e	0 f	0 d
T03 - Sulfentrazone + diuron	100 a	100 a	85 d	71 d	47 c
T04 - Sulfentrazone + diuron	100 a	100 a	93 b	86 b	66 b
T05 - Sulfentrazone + diuron	100 a	100 a	90 c	80 c	45 c
T06 - Imazethapyr. + flumioxazin	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T07 - Imazethapyr+ flumioxazin	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T08 - Imazethapyr + flumioxazin	100 a	100 a	99 a	98 a	100 a
T09 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	100 a	100 a	97 a	95 a	100 a
T10 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	100 a	100 a	99 a	99 a	100 a
T11 - Sulfentrazone + diuron+ glyphosate	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T12 - Imazethapyr+flumioxazin + glyphosate	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T13 - Imazethapyr+flumioxazin + glyphosate	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T14 - Imazethapyr+flumioxazin + glyphosate	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T15 - Glyphosate	---	---	---	62 e	100 a
CV (%)	0,00	0,00	1,62	3,37	6,56

¹ Dias após a emergência da soja. * Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a ($p \leq 0,05$). ² Florescimento. (---) Tratamento avaliado a partir dos 21 DAE (dias após a emergência da soja). **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022). ¹ *Days after soybean emergence.* * Means followed by the same letters in the column do not differ from each other by the Scott-Knott test a ($p \leq 0,05$). ² Flowering (---) Treatment evaluated from 21 DAE (days after soybean emergence). **Source:** Prepared by the author (2022).

Comparando-se o uso isolado dos herbicidas pré-emergentes para o controle das duas espécies de plantas daninhas ao final do período de avaliação, os resultados indicam que a mistura de imazethapyr + flumioxazin apresenta melhor eficácia de controle (Tabela 5 e 6). Esta mistura se caracteriza por apresentar um interessante espectro de controle, sendo que flumioxazin é mais efetivo no controle de folhas largas e o imazethapyr de folhas estreitas (Rodrigues & Almeida, 2018). Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Santin *et al.* (2019), que demonstraram maior efetividade desta mistura formulada do que sulfentrazone + diuron no controle de paupã e milhã/capim-colchão (*Digitaria ciliaris*). O uso isolado de glyphosate promoveu resultado semelhante à testemunha capinada, indicando a sua eficiência no controle da planta daninha-alvo e posterior possível supressão dos novos fluxos de emergência devido ao fechamento do dossel da cultura (Tabela 5 e 6). Este fato é observado com frequência em trabalhos cujas plantas daninhas são suscetíveis ao glyphosate (Nonemacher *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2020).

Todos os tratamentos em que foi efetuado o uso isolado dos pré-emergentes, independente da dose e da aplicação complementar de glyphosate na pós-emergência da cultura, apresentaram valores dos componentes de rendimento superiores ou equivalentes em relação à testemunha capinada, com exceção ao número de vagens por planta (Tabela 7). Para esta variável, o uso isolado dos pré-emergentes, apresentou valores inferiores à testemunha capinada. Este fato pode ser atribuído à maior susceptibilidade deste componente de rendimento à interferência das plantas daninhas, tendo em vista a menor eficácia destes tratamentos quando utilizados de maneira isolada. Ao avaliarem a interferência de diferentes densidades de plantas daninhas no rendimento da soja, Silva *et al.* (2008) observaram que o número de vagens por planta foi

um dos componentes de rendimento mais afetados pela interferência de plantas daninhas. Desta forma, ao realizar o uso de pré-emergentes associados a um pós espera-se maior valor para esta variável.

Em relação à produtividade de grãos, analisando o uso isolado dos pré-emergentes, observou-se que imazethapyr + flumioxazin apresentou melhores resultados do que sulfentrazone + diuron, independente da dose utilizada (Tabela 7). Todos os tratamentos que utilizaram pré-emergentes associados ao glyphosate apresentaram rendimento de grãos superior à testemunha capinada. Este fato pode estar relacionado à redução do nível de interferência de plantas daninhas durante o desenvolvimento da cultura. A maior produtividade de grãos em relação ao encontrado na testemunha capinada pode estar relacionada ao fato da capina não possibilitar o controle de plantas daninhas na linha de semeadura, ou mesmo ocorrer a rebrota das plantas pela ocorrência de chuvas, em especial logo após a capina. O uso isolado de glyphosate, apesar de ter apresentado componentes de produtividade superiores aos demais tratamentos, exceção para o número de vagens por plantas que demonstrou produtividade de grãos inferiores a aplicação dos pré-emergentes associados ao mesmo. A possível explicação para isso é de que há maior consistência da produção de grãos por estes tratamentos em virtude do menor grau de interferência da comunidade infestante.

Tabela 7. Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PROD) da soja cultivar DM 57i52 em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência de modo isolado ou associado ao glyphosate em pós-emergência.

Table 7. Number of pods per plant (NPP), number of grains per pod (NGP), thousand grain weight (TGW) and yield (Y) of soybean, cultivar DM 57i52, in function of herbicide application at pre-emergence isolated or associated with post-emergence glyphosate.

Tratamentos	Componentes de Rendimento			
	NVP	NGV	PMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
T01 - Testemunha capinada	135 c*	2,19 d	139 c	2107 b
T02 - Testemunha infestada	65 e	2,30 c	140 c	725 d
T03 - Sulfentrazone + diuron	80 e	2,36 c	143 b	871 d
T04 - Sulfentrazone + diuron	96 d	2,41 b	143 b	1348 c
T05 - Sulfentrazone + diuron	105 d	2,40 b	140 c	1164 c
T06 - Imazethapyr. + flumioxazin	116 d	2,35 c	142 b	2029 b
T07 - Imazethapyr+ flumioxazin	110 d	2,45 b	137 c	2045 b
T08 - Imazethapyr + flumioxazin	114 d	2,43 b	138 c	2103 b
T09 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	151 b	2,51 b	145 b	2418 a
T10 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	162 b	2,44 b	144 b	2543 a
T11 - Sulfentrazone + diuron + glyphosate	148 b	2,45 b	139 c	2676 a
T12 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	142 c	2,54 b	138 c	2668 a
T13 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	143 c	2,19 d	139 c	2596 a
T14 - Imazethapyr + flumioxazin + glyphosate	203 a	2,31 c	136 c	2728 a
T15 - Glyphosate	129 c	2,77 a	147 a	2186 b
CV (%)	8,98	3,76	1,30	9,48

*Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a ($p \leq 0,05$). **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022). * Means followed by the same letters in the column do not differ from each other by the Scott-Knott test a ($p \leq 0,05$). **Source:** Prepared by the author (2022).

O uso dos herbicidas pré-emergentes sulfentrazone + diuron e de imazethapyr + flumioxazin para o controle de papuã e guanxuma proporcionou baixa injúria à cultivar de soja DM 57i52, pouco efeito negativo sobre características fisiológicas, elevados índices de controle das plantas daninhas, acima de 97%, o que resultou nas maiores produtividades de grãos da cultura. Desse modo, fica claro que esses herbicidas pré-emergentes podem ser usados anteriormente à aplicação de glyphosate, melhorando

assim o controle das plantas daninhas e evitando possíveis problemas com as resistentes ou tolerantes a esse herbicida, o que irá dar maior retorno econômico ao produtor.

4 Conclusão

As misturas formuladas dos herbicidas pré-emergentes imazethapyr + flumioxazin e sulfentrazone + diuron demonstram ser seletivas à cultivar de soja DM 57i52.

A mistura de imazethapyr + flumioxazin apresenta maior eficiência no controle de papuã e guanxuma.

O uso de herbicidas pré-emergentes associados ao glyphosate aplicado em pós-emergência apresenta resultados mais consistentes no controle de plantas daninhas, favorecendo o aumento da produtividade de grãos da soja.

5 Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

6 Agradecimentos

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

7 Referências

Adegas, F.S., Vargas, L., Gazziero, D.L., Karam, D., Silva, A. F., & Agostinetto, D. (2017). Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Embrapa Soja, Circular Técnica, no 132. Londrina, Brasil: Embrapa Soja, p.12, 2017.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162704/1/CT132-OL.pdf>.

Arsenijevic, N., DeWerff, R., Conley, S., Ruark, M., & Werle, R. (2022). Influence of integrated agronomic and weed management practices on soybean canopy development and yield. *Weed Technology*, 36 (1), 1-6. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.92>

Brunharo, C. A. D. C. G., Christoffoleti, P. J., & Nicolai, M. (2014). Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 13(2), 163-177.

<https://doi.org/10.7824/rbh.v13i2.293>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 07 marc. 2022

Concenço, G., Ferreira, E. A., Silva, A. A., Ferreira, F. A., Viana, R. G., D'Antonino, L., Vargas, L., & Fialho, C. M. T. (2007). Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. *Planta Daninha*, 25(3), 449-455.

<https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000300003>.

Galon, L.; Guimarães, S.; Lima, A.M.; Concenço, G.; Krolow, I.R.; Ferreira, E.A. (2014). Influência de herbicidas do grupo das imidazolinonas em características fisiológicas de plantas cultivadas no inverno. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.20, n.1, p. 42-51.

<http://revistapaq.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapaq/article/view/78>.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2022). Dados meteorológicos. Município de Quatro Irmãos, RS. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>. Acesso em 07 jan. 2022.

Koehler-Cole, K., Proctor, C.A., Elmore, R.W., & Wedin, D.A. (2021). Spring-planted cover crops for weed control in soybean. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(5), 501-508. <https://doi.org/10.1017/S1742170521000107>

López-Ovejero, R. F., Soares, D.J., Oliveira, W.S., Fonseca, L.B., Berger, G.U., Soteres, J.K., & Christoffoleti, P.J. (2013). Herbicidas residuais no manejo de plantas daninhas para soja resistente ao glyphosate no Brasil. *Planta Daninha*, 31(4), 947-959. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000400021>.

Lucio, F. R., Kalsing, A., Adegas, F. S., Rossi, C. V. S., Correia, N. M., Gazziero, D. L. P., & Silva, A. F. (2019). Dispersal and frequency of glyphosate-resistant and glyphosate-tolerant weeds in soybean-producing in Brazil. *Weed Technology*, 33(1), 217-231. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.97>.

Nonemacher, F., Galon, L., Santin, C. O., Forte, C. T., Fiabane, R. C., Winter, F. L., Agazzi, L.R., Basso, F.J.M., & Perin, R. R. K. (2017). Associação de herbicidas aplicados para o controle de plantas daninhas em soja resistente ao glyphosate. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 16(2), 142-151. <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i2.529>.

Nunes, A. L. Lorenset, J., Gubiani, J. E., & Santos, F. M. (2018). A multy-year study reveals the importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. *Planta Daninha*, 36, e018176135. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100039>.

Oliveira, A. R., Freitas, S. P., & Vieira, H. D. (2021). Controle de *Commelina benghalensis*, *C. erecta* e *Tripogandra diuretica* na cultura do café. *Planta Daninha*, 27(4), 823-830, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000400021>.

Osipe, J. B., De Oliveira JR, R. S., Constantin, J., Biffe, D. F., Rios, F. A., Franchini, L. H. M., Gheno, E.A. & Raimondi, M. A. (2014). Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. *Bioscience Journal*, 30(3), 623-631. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18042>.

Rizzardi, M. A., Rockenbach, A. P. & Schneider, T. (2020). Residual herbicides increase the period prior to interference in soybean cultivars. *Planta Daninha*, 38, e020222194. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100091>.

Rodrigues, B.N., & Almeida, F.S. (2018). Guia de Herbicidas. 7.ed. Londrina: Ed. dos Autores.

Santin, C. O., Peruzzo, R., Galon, L., Menegat, A. D., Franceschetti, M. B., Holz, C. M., Toni, J.R., Perin, G.F., & Forte, C. T. (2019). Weed management in soybean using burndown herbicide associated to pre-emergent herbicides. *Communications in Plant Sciences*, 9(1), 46-52. <http://dx.doi.org/10.26814/cps2019008>.

Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumberras, J.F., Coelho, M.R. & Cunha, T.J.F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Silva, M. R., Galon, L., Rosseto, E.R.O., Silva, A.F., Favretto, E. L., Brunetto, L., Gallina, A., Silva, A.M.L., & Tonin, R. J. (2020). Manejo de plantas daninhas em milho resistente ao glifosato. *Arquivos do Instituto Biológico*, 87 (1-9), e0862019. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000862019>.

Silva, A. F., Ferreira, E. A., Concenço, G., Ferreira, F. A., Aspiazú, I., Galon, L., Sedyama, T., & Silva, A. A. (2008). Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. *Planta Daninha*, 26(1), 65-71. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100007>.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRS-SBCS); Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC) (2016). *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: NRS-SBCS, 376p.

Soltani, N., Dille, J.A., Burke, I.C., Everman, W.J., VanGessel, M.J., Davis, V.M., & Sikkema, P.H. (2017). Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. *Weed Technology*, 31(1), 148-154. <https://doi.org/10.1017/wet.2016.2>

Takehita, V., Mendes, K. F., Alonso, F. G., & Tornisielo, V. L. (2019). Effect of organic matter on the behavior and control effectiveness of herbicides in soil. *Planta Daninha*, 37, e019214401. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100110>

USDA. Foreign Agricultural Service: World Soybean Production, Consumption, and Stocks. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em 07 marc. 2022

Velini, E. D., Osipe, R., & Gazziero, D. L. P. (1995). Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. *Londrina*: SBCPD.