

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

FILÍPE CREPALDI CARDOSO

**CULTIVO DE SOJA EM ÁREAS SISTEMATIZADAS PARA PRODUÇÃO DE
ARROZ IRRIGADO: UMA ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DA INFESTAÇÃO
DE PLANTAS DANINHAS**

LAGES/SC

2023

FILIFE CREPALDI CARDOSO

**CULTIVO DE SOJA EM ÁREAS SISTEMATIZADAS PARA PRODUÇÃO DE
ARROZ IRRIGADO: UMA ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DA INFESTAÇÃO
DE PLANTAS DANINHAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Mendes de Oliveira Neto.

LAGES/SC

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Cardoso, Filipe Crepaldi

Cultivo de soja em áreas sistematizadas para produção de arroz irrigado: uma alternativa para redução da infestação de plantas daninhas / Filipe Crepaldi Cardoso. -- 2023.

74 p.

Orientador: Antonio Mendes Oliveira Neto

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2023.

1. Echinochloa crus-galli. 2. Glycine max. 3. Pré-emergência. 4. Rotação de culturas. 5. Sistemas de manejo. I. Oliveira Neto, Antonio Mendes. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

FILIFE CREPALDI CARDOSO

**CULTIVO DE SOJA EM ÁREAS SISTEMATIZADAS PARA PRODUÇÃO DE
ARROZ IRRIGADO: UMA ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DA INFESTAÇÃO
DE PLANTAS DANINHAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Antonio Mendes de Oliveira Neto, Doutor
CAV/UEDESC

Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho, Doutora
CAV/UEDESC

Dr. Marcos André Nohato, Doutor
IFC Campus Santa Rosa do Sul

Lages, 17 de fevereiro de 2023.

Dedico este trabalho ao meu pai Arlei Cardoso,
meu exemplo de ser humano e grande
incentivador.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser presença viva em mim, por estar sempre ao meu lado me dando a certeza de que nunca e em momento algum eu estarei sozinho.

À minha família, minha mãe Cleusa Crepaldi Cardoso pelos melhores sentimentos que ela me proporciona, por todas as orações para que eu seguisse sempre com a proteção divina durante as longas horas de viagem até a Universidade e meu pai Arlei Cardoso, que partiu dessa jornada há pouco mais de um ano deixando tantas saudades... a quem eu deixei pra dizer que amava depois e o destino não me permitiu nunca mais dizer. Espero que o senhor esteja cheio de orgulho no lugar onde estiver.

À minha esposa Ana Carolina, mulher de fé, companheira de vida, meu porto seguro e minha fonte de perseverança, sem seu apoio certamente não teria chego até aqui.

À minha filha Cecília, chegada no último semestre do programa ainda tão pequena me ensina a cada dia uma nova lição.

À minha irmã Francieli, meu cunhado Adriano e meus Sobrinhos João Lucas e Luiz Gabriel, por formarem a base sólida da família, e me darem a certeza de que sempre terei com quem contar.

Ao meu grande amigo Rogério Dagostin, muito mais que amigo, um irmão que a vida me deu. Sem ele certamente minha carreira não existiria, me abriu as portas da sua empresa ainda na época da graduação e me ensinou a dar os primeiros passos, certamente é o principal responsável pelas maiores conquistas da minha carreira profissional, a ele minha eterna gratidão.

Ao meu orientador, professor, amigo Dr. Antonio Mendes de Oliveira Neto, pessoa por quem nutro profunda admiração e respeito, não apenas pelos conhecimentos que possui, mas pela pessoa que é. Obrigado por todos os ensinamentos compartilhados, por toda a disposição e paciência ao longo destes dois anos, serás sempre uma grande fonte de inspiração profissional para mim. Minha gratidão pela confiança e pela oportunidade de me permitir ingressar no PPGPV será eterna.

À minha amiga, colega de faculdade e hoje colega de trabalho, Katia Casagrande, uma das minhas grandes incentivadoras, sempre dispostas a contribuir de alguma forma, por muitas vezes foi revisora de trabalhos, auxiliar na avaliação de experimentos, técnica de laboratório, técnica de campo... a ela o meu muito obrigado.

À equipe do Laboratório de Plantas Daninhas e Herbicidas. aos meus colegas de mestrado Mayra Luiza Schelter, Jessiane Mary, Marissa Prá de Souza, Diogo Fruet , Elias G. S. Kowalski, João Pedro Rech Rossi e Lariane Fontana de Freitas, por todo apoio, risadas e companheirismo ao decorrer desses anos. Agradeço a cada um de vocês por me proporcionarem momentos de alegria.

À Dagostin Sementes, pela disponibilização de área e insumos para a condução dos experimentos realizados neste trabalho. Aos seus funcionários Luciano, Seo Antonio, João Ceará, Edvando e em especial o gerente de unidade Gustavo Venson, Pessoas ímpares que auxiliaram em todas as etapas de condução dos campos experimentais.

Ao meu amigo Cesar Marcon, produtor rural do município de Turvo, foi outra pessoa muito importante nesta conquista, além de todas as palavras de apoio, sempre disponibilizou tempo e maquinário para a semeadura da área, não medindo esforços para ajudar e estando sempre disposto a dar o suporte que fosse preciso para que a pesquisa pudesse acontecer.

A todos os professores e servidores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal por repassarem seu pleno conhecimento.

A professora Cileide Maria Medeiros Coelho Arruda de Souza, uma das pessoas mais encantadoras que tive a oportunidade de conhecer durante o período de aprendizado na Pós-graduação, profissional referência na área de sementes, está sempre disposta à ajudar, pessoa que admiro e respeito a quem agradeço por tantos ensinamentos compartilhados.

A todos os demais professores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, pelo conhecimento gerado. Ao CAV/UDESC, por fornecer uma excelente estrutura física e profissionais de todos os setores

A todos os amigos que fiz ao longo de toda trajetória acadêmica, em especial ao “Grupo Forte”, o Grupo da Confiança, que me ensinou a importante lição de nunca deixar um companheiro para trás.

“Com a certeza que na vida nada nem ninguém,
há de domar o potro xucro que escarceia em
mim”. Adair de Freitas.

RESUMO

A cultura de arroz irrigado em Santa Catarina apresenta uma particularidade, o predomínio da irrigação por inundação com cultivo em nível, diante disso, por apresentarem baixa drenagem e facilidade de irrigação, os solos de várzea são os mais procurados. A dificuldade de drenagem prejudica a rotação de culturas nessas áreas, e desta forma os problemas com plantas daninhas tornaram-se cada vez mais frequentes, com destaque para as espécies das famílias Poaceae e Cyperaceae. Neste trabalho, avaliou-se a eficiência da aplicação de herbicidas em pré-emergência, com ou sem associação de herbicidas aplicados em pós-emergência no cultivo da soja em áreas sistematizadas para produção de arroz irrigado. O trabalho foi realizado no Município de Turvo/SC, safra 2021/2022. O experimento foi conduzido a campo, com delineamento de blocos casualizados com tratamentos organizados em esquema fatorial 6 x 5, com quatro repetições. O fator A constou de seis tratamentos aplicados em pré-emergência, em sistema de manejo plante e aplique. Os herbicidas utilizados foram: S-metolachlor (1728 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (29,4 g i.a. ha⁻¹), sulfentrazone (500 g i.a. ha⁻¹), sulfentrazone + diuron (210 + 420 g i.a. ha⁻¹), pyroxasulfone + flumioxazin (120 + 80 g i.a. ha⁻¹), além de uma testemunha sem aplicação em pré-emergência. Já o fator B constou de cinco tratamentos aplicados em pós-emergência: testemunha sem herbicida, glyphosate em duas doses (930 g e.a. ha⁻¹ e 1550 g e.a. ha⁻¹), aplicadas de forma isoladas ou em associação com clethodim (108 g i.a. ha⁻¹). A aplicação em pós-emergência foi realizada com a soja em estágio V5/V6 e as plantas daninhas com três folhas verdadeiras. As variáveis avaliadas foram: fitointoxicação, controle e densidade de capim-arroz e de outras espécies, altura de plantas, número de vagens por planta, peso de mil grãos, produtividade de grãos, produção de sementes de capim-arroz. A redução da infestação de capim-arroz em solos de várzea só foi possível através da associação de herbicidas pré e pós-emergência. Alguns herbicidas com atividade residual no solo causaram injúrias na soja, entretanto os sintomas foram transitórios e não prejudicam a produtividade de grãos. O sulfentrazone + diuron foi o único tratamento que apresentou produtividade inferior à 2000 kg ha⁻¹, quando aplicado de forma isolada, em função da baixa eficiência de controle. Todos os tratamentos em que houve a associação de glyphosate + clethodim não houve produção de sementes de capim-arroz e o potencial produtivo da soja foi mantido.

Palavras-chave: *Echinochloa crus-galli*; *Glycine max*; Pré-emergência; Rotação de culturas; Sistemas de manejo.

ABSTRACT

The crop flood-irrigated rice in Santa Catarina presents a particularity, the predominance of flood irrigation with level cultivation, therefore, due to their low drainage and ease of irrigation, the floodplain soils are the most sought after. The difficulty of drainage makes it impossible to rotate crops in these areas, and therefore, problems with weeds have become increasingly frequent, with emphasis on species from the *Poaceae* and *Cyperaceae* families. This work, the efficiency of herbicides application in pre-emergence, with or without the association of herbicides applied in post-emergence, was evaluated in soybean cultivation in areas systematized for the production of flood irrigated rice. The work was carried out in the municipality of Turvo/SC, harvest 2021/2022. Field research was conducted using a randomized block design with treatments organized in a 6 x 5 factorial scheme, with four replications. Factor A consisted of six treatments applied in pre-emergence, in a plant and apply management system. The herbicides used were: S-metolachlor (1728 g ai ha⁻¹), diclosulam (29.4 g ai ha⁻¹), sulfentrazone (500 g ai ha⁻¹), sulfentrazone + diuron (210 + 420 g ai ha⁻¹ 1), pyroxasulfone + flumioxazin (120 + 80 g i.a. ha⁻¹), in addition to a plot without pre-emergence application. Factor B consisted of five treatments applied post-emergence: plot without herbicide, glyphosate in two doses (930 g e.a. ha⁻¹ and 1550 g e.a. ha⁻¹), applied alone or plus clethodim (108 g i.a. ha⁻¹). Post-emergence application was carried out with soybeans at the V5/V6 stage and weeds with three true leaves. The evaluated variables were: phytointoxication, density and control of barnyardgrass and other species, plant height, number of pods per plant, thousand seed weight, grain yield and barnyardgrass seeds production. The reduction of barnyardgrass infestation in floodplain soils was only possible through the association of pre- and post-emergence herbicides. Some herbicides with residual activity in the soil caused injuries to soybeans, however the symptoms were transient and did not affect grain yield. Sulfentrazone + diuron was the only treatment that showed productivity lower than 2000 kg ha⁻¹, when applied alone, due to the low control efficiency. All treatments in which there was the association of glyphosate + clethodim there was no production of barnyardgrass seeds, and the productive potential of soybean was maintained.

Keywords *Echinochloa crus-galli*; *Glycine max*; Crop rotation; Pre-emergence; Weed Management Programs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Solo de várzea com drenagem superficial, mesmo após estiagem a camada inferior a 20cm fica saturada (A). Solo bem drenado com macrodrenos e subsolagem	28
Figura 2 – Lavoura de arroz pré-germinado, soja e milho cultivados em solo de várzea em Turvo/SC.....	29
Figura 3 – Área de milho em várzea no município de Turvo/SC na fase de pré-colheita em 27/03/2021	31
Figura 4 – Descompactação área de várzea utilizando subsolador na pré-semeadura da soja em Turvo/SC.....	32
Figura 5 – (A) Cobertura com azevém para pastejo do gado pós soja. (B) Cobertura com trigo para produção de grãos.	33
Figura 6 – Folha enrugada em formato de coração, sintoma de fitoxidade em soja causado por S-metolachlor em soja.	35
Figura 7 – Planta de Soja 33 DAAPE apresentando sintoma de fitointoxicação com redução de crescimento da parte aérea.....	37
Figura 8 – (A) Capim arroz 7 DAAPE de herbicida inibidor de ACCase, (B) folha mais nova com lesões necróticas, (C) folhas mais velhas na cor arroxeadas, (D) lesão necrótica no entrenó.	40
Figura 9 - Valores médios semanais de temperaturas médias e precipitação (mm) no período de 01 de outubro de 2021 a 15 de maio de 2022.....	41
Figura 10 – Área do experimento antes do preparo da área para implantação do experimento com soja, foto retirada na entressafra no dia em 04/06/2021.	42
Figura 11 – Imagem aérea NDVI do campo experimental 33 dias após a aplicação dos herbicidas em pré-emergência (DAA).....	45
Figura 12 – Aplicação de herbicidas em pós-emergência da soja, realizada aos 34 DAS.	47
Figura 13 – Sintomas de fitointoxicação de S-metolachlor (A), sulfentrazone + diuron (B) e sulfentrazone (C) na avaliação pré aplicação de pós-emergência (0 DAAPE).	50
Figura 14 – (A) Nível de infestação de capim-arroz nas parcelas de testemunha 120 DAS, (B) nível de infestação de capim-arroz nas parcelas testemunhas na pré-colheita.	61
Figura 15 – peso de sementes de capim-arroz, em grama por metro quadrado (A) e número de sementes por metro quadrado (B). Apenas os tratamentos que produziram sementes de	

capim-arroz foram representados e as barras indicam o intervalo de confiança ($p < 0,05$).

..... 63

Figura 16 – Resumo ilustrativo das variáveis fitointoxicação, controle de capim-arroz, produtividade e produção de sementes de capim arroz. 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos herbicidas, modalidade de aplicação e dose aplicada no estudo de controle das plantas daninhas.	44
Tabela 2 - Manejo de pragas e doenças para a cultura da soja realizados no experimento, seguindo as recomendações técnicas para a região de Turvo/SC.....	46
Tabela 3 - Fitointoxicação na cultura da soja aos 0, 7, 14, 34 dias após a aplicação de pós-emergência (DAAPE). Turvo, SC, 2021/2022.	51
Tabela 4.- Controle de capim-arroz aos 0, 7, 14, 34 e 111 dias após a aplicação de pós-emergência. Turvo, SC, 2021/2022.	54
Tabela 5 - Controle de outras espécies (<i>Oryza sativa</i> + <i>Ageratum conyzoides</i> L.+ <i>Spermacoce latifolia</i>) aos 0, 7, 14, 34 e 111 dias após a aplicação de pós-emergência. Turvo, SC, 2021/2022.	56
Tabela 6. Densidade de capim-arroz, arroz-daninho, mentrasto e erva quente (plantas m ⁻²) aos 34 dias após a aplicação de pós-emergência. Turvo, SC, 2021/2022.....	58
Tabela 7 - Altura de plantas, número de vagens por plantas, peso de mil sementes e produtividade de grãos. Turvo, SC, 2021/2022.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACCCase	Acetil-CoA carboxila
ACARESC	Associação de Crédito e Assistência Rural do Estado de Santa Catarina
ALS	Aceto Lactase Sintase
cm	Centímetro
CL	Clearfield®
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAAPE	Dias após a aplicação do pós-emergente.
DAS	Dias após a semeadura.
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EMPASC	Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária
i.a.	Ingrediente ativo
IRGA	Instituto Rio Grandense de Arroz
g	Gramas
ha	Hectares
h	horas
°C	Graus Celsius
kg	Kilograma
kPa	Kilopascal
m	Metro
m ²	Metro quadrado
MIPD	Manejo Integrado de Plantas Daninhas
%	Porcentagem
SOSBAI	Sociedade Sul Brasileira de Arroz Irrigado
L	Litro
PMG	Peso de Mil Grãos
WSSA	Weed Science Society of America

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	A CULTURA DO ARROZ.....	19
2.2	CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO ARROZ IRRIGADO.	21
2.2.1	Utilização de sementes certificadas	21
2.2.2	Controle biológico.....	22
2.2.3	Controle mecânico	23
2.2.4	Manejo da água.....	23
2.2.5	Limpeza e conservação.....	24
2.2.6	Controle químico	25
2.3	ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SOLOS DE VÁRZEA.....	26
2.3.1	Preparo do solo	31
2.3.2	Manejo de plantas daninhas na cultura da soja	33
2.3.2	Herbicidas recomendados para a pré-emergência da soja	34
2.3.2.1	S-metolachlor	34
2.3.2.2	Diclosulam.....	35
2.3.2.3	Sulfentrazone	36
2.3.2.4	Sulfentrazone + diuron	37
2.3.2.5	Pyroxasulfone + flumioxazin.....	38
2.3.3	Herbicidas recomendados para pós-emergência da soja	38
2.3.3.1	Glyphosate.....	39
2.3.3.2	Clethodim	40
3	MATERIAL E MÉTODO	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5	CONCLUSÃO.....	64
6	REFERÊNCIAS BLIBLIOGRÁFICAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

A história do cultivo de arroz no Brasil é antiga, na região Sul do país a primeira lavoura comercial catalogada foi implementada em 1904, em Pelotas/RS, com a irrigação acontecendo em meados de 1912. Assim permaneceu sem grandes avanços até meados de 1960, quando a mecanização da lavoura e a introdução de novas cultivares promoveu modificações significativas do sistema de produção (OLIVEIRA NETO, 2015).

Pouco tempo depois, no início dos anos 70, a cultura já enfrentava problemas com a infestação de plantas daninhas. Os solos eram cultivados por até três safras e em seguida eram deixados em pousio por igual período, para se tentar reduzir a alta infestação de capim-arroz (espécies do gênero *Echinochloa*). Desde o início dos anos 70 existia a preocupação com a alta infestação de capim-arroz em áreas destinadas ao cultivo de arroz. Naquela época a infestação era tão alta que após o cultivo, por período que variava de um a três anos, os solos eram deixados em pousio, para se conseguir uma redução da infestação dessa espécie. Neste período, iniciou-se a introdução da soja nessas áreas, como alternativa de rotação de cultura com o objetivo de melhorar a eficiência de controle do gênero *Echinochloa*. Nos primeiros estudos foi possível perceber que a soja era capaz de competir com o capim-arroz apresentando-se como um eficiente método cultural de controle dessa planta daninha (SACCOL, et al. 1993).

Com o passar dos anos as lavouras orizícolas da região Sul tornaram-se cada vez mais produtivas e o uso de irrigação por inundação melhorou o manejo das áreas e proporcionou produções mais estáveis, mesmo assim no início dos anos 90 o arroz-daninho passou a ser citado como a principal infestante em 80% dos municípios gaúchos. Esta infestação além de prejudicar a qualidade e a produtividade das áreas, ocasionava um aumento expressivo, em progressão geométrica, da população destas sementes no solo (MARCHEZAN, 1994).

No início, o arroz-daninho, apresentava grande diferença morfológica em relação ao arroz cultivado, com plantas maiores, coloração da planta verde mais clara, grãos mais arredondados, com pericarpo vermelho de fácil distinção. Porém, devido ao cruzamento natural entre a planta daninha e as cultivares comerciais de arroz, plantas com características visuais semelhantes à cultura começaram a surgir dificultando a identificação. Apesar da semelhança, após o cruzamento manteve-se o alto índice de degrane natural e os grãos com pericarpo vermelho. Além dos prejuízos econômicos causados pela evolução da espécie, o aumento progressivo de sementes viáveis no solo passou a ser o principal problema observado (MARCHEZAN, 1994).

Por este motivo, o cultivo de arroz no sistema convencional passou a ser um problema, pois a cada ano havia incremento de novas sementes de arroz daninho ao solo. Neste momento, o sistema de produção pré-germinado passou a ser uma alternativa para a redução do banco de sementes. Todavia, mesmo eficiente, não proporcionava um controle total da emergência do arroz-daninho e outras espécies prejudiciais à cultura, como por exemplo o *Echinochloa spp.* Porém há 20 anos, antes mesmo do surgimento da tecnologia Clearfield®, Avila et al (2000) já identificaram plantas de arroz daninho capazes de emergir mesmo com lâmina de água até 5 cm. A germinação de arroz cultivado em ambientes alagados onde há baixos níveis de oxigênio está diretamente ligada há genes que conferem a esta espécie tolerância ao alagamento em diferentes estágios da planta (FUKAO, 2006), porém outras espécies daninhas, como a *Echinochloa spp.*, também evoluíram a ponto de poderem se estabelecer em condições de hipóxia (deficiência de oxigênio) ou anóxia (ausência de oxigênio), o que de certa forma acaba fragilizando o uso da água como barreira física para o controle de plantas daninhas nestes ambientes (KASPARY et al., 2020).

Um outro fator determinante para a o estabelecimento de plantas daninhas em áreas alagadas é a própria dormência, plantas de *Echinochloa crus-galli* podem se manter dormentes sob lamina de água e aos primeiros sinais de superação de dormência da semente é capaz de germinar imediatamente após à exposição à condições aeróbias (PERALTA OGOREK et al., 2019), sendo isto por si só um problema, haja visto que qualquer falha no nivelamento da área ou a falta de água no momento da irrigação pode resultar em alta infestação. Na pesquisa de Machado et al. (2022), ao avaliarem 45 biótipos de *Echinochloa crus-galli*, originários de lavouras do Rio Grande do Sul, quanto a sua capacidade de emergência sob lâmina d'água concluíram que 95,55% destes foram capazes de emergir à 7,5 cm de profundidade e 8,88% à 12,5 cm.

Com o surgimento da tecnologia Clearfield® (CL) em 2003, as plantas daninhas de difícil controle passaram a ser controladas com a utilização de um único herbicida. Este herbicida é um inibidor de Aceto Lactase Sintase (ALS), do grupo químico das imidazolinonas. Apesar de eficiente, o mau uso da tecnologia, com o uso de produtos não recomendados para a cultura, erro de dosagem e o cruzamento natural das plantas de arroz-daninho com o arroz cultivado levaram rapidamente ao surgimento dos primeiros casos de resistência (AVILA, 2013). Em 2006 se comprovou o surgimento das primeiras plantas de arroz-daninho resistente aos inibidores de ALS no Rio Grande do Sul (MENEZES et al., 2009) e aquela importante

ferramenta que se apresentava como a solução da lavoura passou a perder eficiência em apenas 3 anos de uso.

A resistência aos inibidores de ALS também vem aparecendo com frequência em populações de *Echinochloa spp.*, o que é um problema, uma vez que esta é considerada uma das principais plantas daninhas na cultura do arroz haja visto o potencial dano à produtividade da cultura (BORTOLY et al., 2015). Além deste mecanismo, outros quatro mecanismos de ação diferentes deixaram de controlar algumas espécies de *Echinochloa*, com destaque para identificação de plantas em Santa Catarina com resistência múltipla à três mecanismos de ação distintos (EBERHARDT, et al. 2016) e mais recentemente no Rio Grande do Sul plantas resistentes ao glyphosate (HEAP, 2021).

Com a perda da eficiência do único herbicida recomendado para o controle seletivo do arroz-daninho e o aumento significativo de espécies do gênero *Echinochloa* resistentes aos mais variados mecanismos de ação de herbicidas, proporcionaram, com o passar dos anos, um aumento considerável na densidade do banco de sementes de plantas daninhas nos solos de várzea, surgiu novamente a necessidade da rotação de culturas, como alternativa no controle de plantas daninhas. É fato, que áreas destinadas exclusivamente ao cultivo de arroz irrigado deixaram de ser economicamente viáveis devido às resistências destas espécies aos métodos atuais de controle (RUBIN et al., 2014). Por ser de espécie botânica diferente do arroz, a soja se apresenta como uma alternativa, e o surgimento da soja RR, resistente ao glyphosate, foi possível diversificar a renda nas áreas de várzea mesmo sem o cultivo do arroz.

No estado de Santa Catarina, o cultivo de soja em rotação com arroz é algo relativamente novo, ainda não há dados publicados que comprove em números o total de área destinado à esta prática. Estimativas apontam a região do município de Tubarão como sendo a principal praticante da rotação soja/arroz do estado, com 2000 ha de área já no cultivo de soja e/ou milho. Nas demais regiões orizícolas do estado esta atividade de rotação não deve superar os 500 ha. Realidade um pouco distante do estado do Rio Grande do Sul onde esta técnica vem sendo aprimorada ao longo de anos. Somente na safra 2021/2022 foram cultivados 426.212 ha de soja em áreas de rotação com arroz, um incremento da 38 vezes o valor inicial que era de pouco mais de 11 mil hectares na safra 2009/2010. Apesar do clima adverso algumas regiões conseguiram produtividade média superior a nacional (3.026 kg ha^{-1}), fruto de investimento em pesquisa e assistência técnica, somente nesta safra o IRGA realizou 87 eventos, entre dias de campo, roteiros técnicos e capacitações nesta área (IRGA, 2022).

Atualmente o que se busca nas áreas de rotação de arroz e soja é, além do controle de plantas daninhas, a redução do banco de sementes capaz de viabilizar de forma cada vez mais produtiva a manutenção do cultivo de arroz irrigado. Em pesquisa conduzida por Zemelin et al. (2014) comprovou-se que a associação de S- metolachlor com glyphosate melhorou significativamente o controle do arroz-daninho em aplicação em pós-emergência inicial.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de sistemas de manejo de plantas daninhas na cultura da soja sobre a redução da infestação de plantas daninhas em uma área de produção de arroz-irrigado e soja localizada no Litoral Sul Catarinense., utilizando para isso herbicidas em pré e/ou pós emergência na cultura da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO ARROZ

O cultivo de arroz no Brasil é tão antigo quanto a história do País, em 1587 lavouras arrozeiras foram cultivadas na Bahia. Em 1745 o arroz chegou ao Maranhão e em 1766 a coroa portuguesa autorizou a primeira descascadora de arroz do Brasil, localizada na Cidade do Rio de Janeiro. Em Santa Catarina, o cultivo de arroz iniciou no começo do Século XX, com os primeiros imigrantes italianos no Vale do Itajaí. As condições climáticas favoráveis, como ausência de estação seca, solos argilosos e mal drenados fizeram da cultura uma alternativa importante para a região (OLIVEIRA NETO, 2015).

Porém, apenas em 1977 foi realizada a primeira publicação com informações técnicas para produção de arroz irrigado em Santa Catarina, denominada de Sistema de Produção para Arroz Irrigado, desenvolvida por agrônomos da Acaresc e da Empasc. Esse material contou com a contribuição de diversos produtores de diferentes regiões do Estado de Santa Catarina. O objetivo foi apresentar técnicas de cultivo capazes de dobrar a produtividade de grãos, que na época estava em torno de 2,5 t ha⁻¹. Em 1998, a Epagri lançou o Sistema de Produção de Arroz Irrigado em Santa Catarina, direcionado para o sistema pré-germinado. Essa foi uma importante ferramenta que reduziu os custos e possibilitou um incremento significativo na produtividade de grãos (EBERHARDT, 2015).

Neste sistema, a implantação da cultura se dá através da semeadura à lanço de sementes pré-germinadas. A pré-germinação é realizada através da hidratação das sementes em sacos ou big bags acondicionadas em tanques de água por um período de 24 à 36 horas, passado este tempo as sementes são retiradas e acondicionadas à sombra por igual período para que se inicie a emissão do coleóptilo e da radícula, estágio S1/S2 (COUNCE et al., 2000), processo este conhecido com pré-germinação. Após este processo a semeadura pode ser feita de forma manual, tratorizada ou com avião diretamente sobre a lâmina d'água. Além deste processo de preparo das sementes para semeadura o preparo da área também é trabalhoso e geralmente compreende três etapas; incorporação da resteva de arroz e plantas daninhas, formação da lama e nivelamento do solo (ANDRADE, A. et al. 2015).

Apesar do sistema pré-germinado ser predominante na produção de arroz em Santa Catarina, outros sistemas de cultivo também são implementados sendo eles o sistema convencional, o cultivo mínimo, transplante de mudas e plantio direto. No sistema convencional a área é preparada em solo seco, sem a utilização de lâmina d'água, nesta operação é realizado todo o nivelamento, destorroamento, eliminação mecânica de plantas daninhas a fim de facilitar a semeadura da área, neste sistema a semeadura é feita com o auxílio de uma semeadora diretamente em solo com umidade ideal, neste sistema a lâmina d'água para irrigação deverá acontecer no estágio V4 da cultura (MAGALHÃES, 2005).

No cultivo mínimo, a semeadura do arroz é realizada diretamente no solo sobre uma cobertura vegetal normalmente controlada por um herbicida de ação total, como há um revolvimento mínimo apenas na linha da semeadura em tese há uma menor incidência de plantas daninhas. Uma das grandes vantagens deste sistema é o controle da época de semeadura, em anos mais chuvosos por exemplo, o preparo antecipado da área garante que a semeadura seja feita rapidamente entre os períodos de estiagem (SOSBAI, 2018).

O sistema de transplante por mudas é uma técnica utilizada apenas para a produção de sementes, ela garante maior pureza varietal das sementes produzidas pelo fato de as mudas serem transplantadas em linha em solo saturado. Este sistema é dividido em duas fases, sendo a elas a produção e o transplante das mudas. As mudas são preparadas em bandejas com sementes com aproximadamente 300 g de sementes e irrigadas abundantemente, até atingirem de 10 a 12 cm de altura. Nesta fase as mudas são transplantadas com o auxílio de máquinas transplantadoras especiais em área previamente preparada e com lâmina d'água permanente. O preparo da área, bem como o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças seguem as mesmas recomendações do sistema pré-germinado (FRANCO, 2011).

O plantio direto de arroz segue os três princípios básicos desta técnica: movimentação mínima do solo, manutenção permanente da cobertura do solo e adoção de rotação e sucessão de culturas. Estes fundamentos, já consolidados nos cultivos de terras altas, são o que tornam difícil a implementação no cultivo de arroz irrigado quando não realizada a rotação de culturas. A colheita mecânica aliada ao cultivo sob solo inundado destrutura a superfície do solo sendo necessário preparos na entressafra. Porém essa técnica por ser adotada quando o cultivo do arroz for feito na resteva de uma cultura de sequeiro antecessora, como a soja ou o milho, por exemplo (SOSBAI, 2018).

Há também o cultivo de arroz de terras altas (arroz sequeiro), concentrado principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, este sistema de produção era utilizado principalmente para a abertura de áreas recém desmatadas, porém, com a redução da abertura de novas áreas, o arroz de terras altas passou a integrar sistemas de rotação outras culturas ou até mesmo com pastagens. O preparo do solo é semelhante ao das demais culturas de sequeiro (UTUMI, 2008). Sua grande desvantagem aos demais sistemas de cultivo é a produtividade média por hectare inferior, na safra 2021/2022 a produtividade média do arroz sequeiro ficou em 2.510 kg ha⁻¹, já o arroz irrigado teve média nacional de 7.528 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022).

O estado de Santa Catarina é o segundo em área e produtividade no cultivo de arroz no Brasil, com área total de 147,9 mil ha e produtividade média de 7.967 kg ha⁻¹, ficando atrás apenas do estado do Rio Grande do Sul que conta com uma área total de 957,4 mil ha e produtividade 7.995 kg ha⁻¹ (CONAB, 2022). A área destinada ao cultivo de arroz irrigado no Brasil na safra 2021/2022, somou um total de 1.302.200 ha, já o arroz sequeiro somou um total de 317.700 ha. Foram mais de 1.600.000 ha de áreas cultivada com o grão que produziu mais de 10.600.000 de toneladas (CONAB, 2022).

2.2 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO ARROZ IRRIGADO

Dentre os principais fatores limitantes de produtividade nas lavouras orizícolas de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, podemos citar a alta infestação de duas espécies daninhas principais, o capim-arroz (*Echinochloa spp.*) e o arroz-daninho (*Oryza sativa*). Estas plantas competem com a cultura principalmente, por luz e nutrientes, reduzindo consideravelmente a produção nessas áreas. Para se obter um controle efetivo destas plantas daninhas é necessário um conjunto de práticas, que juntas são capazes de reduzir ou até mesmo evitar a ocorrência destas espécies nas lavouras, estas práticas são: prevenção, manejo cultural, controle biológico, controle mecânico e controle químico (SOSBAI, 2018).

2.2.1 Utilização de sementes certificadas

A principal forma de prevenção da infestação das lavouras por plantas daninhas é a utilização de sementes de boa qualidade. As sementes certificadas têm essa qualidade atestada

pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que através de normas específicas para produção e comercialização de sementes que estabelecem padrões mínimos de pureza germinação e sanidade. Para as sementes certificadas de arroz, além de germinação mínima de 80% a pureza das sementes não pode ser inferior a 98%, não sendo permitido a presença de nenhuma semente arroz daninho em cada amostra. Para se garantir estes padrões vistorias de campo realizadas por um certificador credenciado pelo Ministério da Agricultura são obrigatórias no estágio de floração e pré-colheita (BRASIL, 2003).

As sementes são o início de todo o processo e elas podem ser tanto uma alternativa para o controle da infestação, como também podem ser um agente dispersor de plantas daninhas resistentes. O uso de sementes não certificadas pode ser um problema, uma vez que estas não passam pela inspeção rigorosa dos órgãos de fiscalização, sem contar que uma lavoura aparentemente bonita não é sinônimo de cultura livre de sementes de plantas daninhas. As lavouras comerciais não são planejadas e nem conduzidas com o mesmo rigor das áreas de produção de sementes, o que pode contribuir para a disseminação de espécies daninhas no ambiente (FERREIRA, 2013).

Em estudo realizado por Martins et al. (2017) observou-se que em Santa Catarina, a taxa de sementes certificadas utilizadas pelos produtores é de 76% o que lhes confere garantia de pureza, porém a parcela de produtores que utilizavam sementes próprias e/ou sacaria branca não apresentaram a mesma qualidade o que contribuiu de certa forma para a disseminação de capim-arroz e arroz-daninho.

2.2.2 Controle biológico

O controle biológico com o uso de marrecos-de-pequim também se apresenta como uma alternativa para o controle de arroz-daninho. Esta medida de controle surgiu no início dos anos 90 em Santa Catarina como uma ferramenta de diminuição no banco de sementes de arroz-daninho no solo. A esperança inicial era de aumento da renda com a comercialização dos animais criados na entressafra, porém a baixa demanda por este tipo de carne inviabilizou sua comercialização. Apesar disso, seu uso como ferramenta no manejo do arroz-daninho se confirmou, mesmo sendo capaz de controlar apenas as sementes superficiais seu resultado foi satisfatório (EBERHARDT, et al. 2003). Em função das dificuldades operacionais o uso deste agente biológico de controle é indicado para lavouras de menores dimensões (SOSBAI, 2018).

2.2.3 Controle mecânico

O controle mecânico utilizado no preparo da área para o cultivo de arroz também pode ser usado como maneira de se manejar a área para um efetivo controle de plantas daninhas. O preparo antecipado do solo é essencial no cultivo de arroz irrigado. Em estudo conduzido por Massoni et al. (2013) foi possível concluir que o preparo do solo alagado, com ferramentas de trabalho mais superficiais logo após a colheita apresentaram boa quebra de dormência das sementes de arroz-daninho. O posterior trabalho em solo seco elimina as plântulas emergidas, proporcionando assim um satisfatório controle mecânico do arroz-daninho.

Atrasar a incorporação da resteva pode ocasionar a formação de ácidos orgânicos provenientes da decomposição da palhada. Estes ácidos são tóxicos às plantas, principalmente nas fases iniciais, e podem provocar problemas de estabelecimento da lavoura (SOSBAI, 2018).

Vale ressaltar que controle mecânico deve ser sempre realizado da forma mais superficial possível a fim de não causar o revolvimento do banco de sementes e aumento da infestação. No cultivo de arroz irrigado o manejo da área de forma convencional, envolvendo aração e gradagem podem aumentar a infestação da área por expor as sementes soterradas às condições ideais para quebra de dormência (CONCENCO, et al. 2019).

2.2.4 Manejo da água

A utilização de lâmina de água uniforme na cultura tem se mostrado como uma importante ferramenta no controle de plantas daninhas. O cultivo de arroz pré-germinado, por exemplo, onde o arroz é semeado sobre uma lâmina de água permanente tem se mostrado como uma eficiente ferramenta no controle de plantas daninhas com dificuldade de estabelecimento em solos alagados. Já nos sistemas de plantio convencional, cultivo mínimo e plantio direto a semeadura do arroz é feita em solo seco, sendo que a irrigação com lâmina permanente ocorre apenas quando o arroz atingir o estágio V_3/V_4 , após a primeira aplicação de herbicidas. A manutenção permanente de lâmina de água até o final do ciclo da cultura auxilia consideravelmente na diminuição da população de plantas daninhas (SOSBAI, 2018).

As pesquisas de Agostinetto et al. (2007) concluíram que a antecipação da entrada da água no sistema aumenta a habilidade competitiva do arroz em relação ao capim-arroz (*Echinochloa spp.*), melhorando inclusive a produtividade de grãos. Resultado semelhante foi

encontrado por Furlani Jr. et al. (1997), que confirmaram que a inundação antecipada da área melhora o controle dessa planta daninha, além disso a integração deste manejo com a aplicação do herbicida oxyfluorfen melhorou ainda mais os níveis de controle.

Por se tratar de uma barreira física, o nivelamento da área é essencial para que a cobertura de todos os quadros seja uniforme. Peralta Ogorek, et al., (2019) já alertaram para a possibilidade de quebra de dormência de sementes de *Echinochloa crus-galli* ainda submersas e vindo a germinar rapidamente quando expostas a condição aeróbia, comprovando que em qualquer condição onde houver drenagem, mesmo que por um curto espaço de tempo, haverá risco de infestação.

Apesar de ainda se mostrar eficiente, este sistema vem se mostrando cada vez mais fragilizado uma vez que plantas daninhas importantes para a cultura têm apresentado capacidade de germinação em solos alagados, como é o caso do arroz daninho relatado por de Avila et al (2000) e o caso do capim-arroz relatado por Machado et al. (2022). Em ambos os casos a barreira física da água passa a não ter mais efetividade no controle destas espécies e a insistência deste método poderá, a longo prazo, selecionar biótipos resistentes não apenas à herbicidas mas à sistemas de cultivo diferentes, dificultando ainda o controle destas plantas.

2.2.5 Limpeza e conservação

A adoção de práticas culturais a fim de se evitar a entrada de sementes de plantas daninhas vindas de fora da lavoura também caracterizam importantes ferramentas no controle da disseminação de espécies indesejáveis. A limpeza de máquinas e canais de irrigação, por exemplo, são essenciais para evitar a entrada de plantas daninhas indesejadas vinda de outros locais (BARROSO; MURATA, 2021).

Os Canais de irrigação são comuns nas áreas de arroz irrigado, no caso da região sul de Santa Catarina, cooperativas de irrigação são organizadas para que se faça a gestão de água que é utilizada pelas propriedades, sendo reaproveitada por diversos produtores. Este modelo de gestão da água pode causar a dispersão de sementes daninhas por hidrocória (dispersão pela água). Segundo Carvalho (2013), a limpeza dos canais de irrigação é fundamental para evitar a disseminação de plantas indesejáveis por toda a área.

Os produtores de arroz do extremo sul catarinense são em sua maioria pequenos, neste contexto o compartilhamento de máquinas como pulverizadores e colhedoras é comum, o que também pode apresentar um risco no que diz respeito à disseminação de sementes de plantas daninhas. De acordo com Magaldi e Fonseca (2009) os equipamentos utilizados em qualquer uma das fases de campo, são importantes fontes de contaminação podendo levar sementes e outras formas de propagação de espécies daninhas de um lado para o outro. Para se evitar este problema é recomendável vistoria e limpeza rigorosa de todas as máquinas antes do início de quaisquer operações.

2.2.6 Controle químico

Segundo Roman et al. (2007) podemos definir o controle químico como sendo o controle de plantas daninhas, ocasionadas pela aplicação substâncias químicas, popularmente conhecidas com herbicidas. Por se tratar do uso de químicos é necessário conhecimento técnico para que o uso desta ferramenta possa alcançar os três princípios fundamentais, sendo eles: máxima eficiência biológica, mínimo impacto ambiental e redução de plantas daninhas resistentes à herbicidas (SOSBAI, 2018).

O uso racional desta ferramenta também está previsto no manejo integrado de plantas daninhas (MIPD). No MIPD a rotação de herbicidas é algo fundamental, ou seja, rotacionar e/ou misturar herbicidas com mecanismos de ação diferentes, incluindo a pré-emergência, são medidas importante que auxiliam no controle efetivo das espécies indesejadas, diminuindo inclusive a pressão de seleção. Também a rotação de cultura, como no caso aqui proposto, auxiliaria neste sentido, uma vez que esta prática aumentaria a possibilidade da utilização de herbicidas com mecanismos de ação diferentes (BARROSO; MURATA, 2021).

No caso do arroz irrigado produzido em Santa Catarina essa prática tem sido muito dificultada. As condições climáticas favoráveis, como ausência de estação seca, solos argilosos e mal drenados fizeram da cultura do arroz uma alternativa importante para o estado que produz o grão em muitas dessas áreas há quase um século (OLIVEIRA NETO, 2015). Grande parte destas áreas de produção quase centenária jamais passaram por uma rotação de culturas, o máximo que se tem conseguido é a rotação de sistema de manejo alternando entre o plantio convencional e o pré-germinado. O que é um problema pois esta ferramenta pouco possibilita a alternância entre mecanismos de ação herbicida diferentes.

Segundo a SOSBAI (2018) dos oitenta grupos químicos de herbicidas conhecidos apenas quatorze tem registro para o uso na cultura do arroz irrigado, sendo estes divididos entre oito mecanismos de ação. Para se ter uma ideia, apenas no grupo dos inibidores da ALS são quatro grupos químicos distintos registrados. Roman et. al (2007) chamam a atenção para o fato de que a alternância entre ingredientes ativos de grupos químicos diferentes não significar a alternância de mecanismo de ação.

Como desvantagem do uso exclusivo desta ferramenta, está o risco do controle inadequado das plantas daninhas levando inclusive ao surgimento de resistência. A resistência é definida, segundo a WSSA, como “a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta” (HEAP, 2022).

Para se ter ideia, no ano de 2003 foi lançada comercialmente no Brasil a tecnologia CL, esta ferramenta era a única capaz de controlar através do uso de herbicidas o arroz-daninho e o capim-arroz com um único produto. O seu funcionamento consiste no uso de genótipos de arroz resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Porém, sua validade foi curta, e em 2006 apenas três anos após seu lançamento, já foi comprovada a resistência de plantas de arroz-daninho aos inibidores de ALS (MENEZES, et al. 2009).

Já no caso do capim-arroz, apesar de uma gama maior de herbicidas e com maior diversificação de mecanismos de ação para o seu controle, observa-se um maior número de casos de resistência, com casos comprovados de resistência múltipla. Por exemplo, a identificação de uma população de *Echinochloa crus-galli* resistente a auxina sintética, inibidores de ALS e inibidores de ACCase no Sul de Santa Catarina (EBERHARDT, et al. 2016). Além disso, uma população de *Echinochloa crus-galli* resistente ao glyphosate foi confirmada em 2020 no Rio Grande do Sul (HEAP, 2020). Estes casos de resistência passam a ser cada vez mais preocupantes e reforçam cada vez mais a necessidade da rotação da cultura como uma forma de manejo essencial no controle destas espécies de plantas daninhas.

A utilização desta ferramenta requer sempre o acompanhamento de um técnico capacitado para recomendação e acompanhamento das aplicações.

2.3 ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SOLOS DE VÁRZEA

A soja sempre foi uma cultura importante não apenas para o país, mas também em nível mundial, que com forte investimento em pesquisa teve importante evolução que refletiu em redução de custos e melhoria na produtividade de grãos, o Brasil foi protagonista nesse processo.

Em 1997 a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, autorizou os primeiros testes a campo com a soja transgênica no Brasil e em 1998 publicou o parecer favorável à tecnologia Roundup Ready (RR), ou seja, uma soja resistente ao glyphosate. Durante alguns anos, batalhas judiciais travadas entre a Monsanto, detentora da tecnologia, e órgãos ambientais atrasaram a ampla utilização comercial da tecnologia. Mas isso não inibiu o uso da soja RR pelos sojicultores e ainda em 1998 foi apreendida a primeira lavoura irregular de soja transgênica no país, no estado do Rio Grande do Sul. A soja vinda da Argentina, ficou conhecida como “soja Maradona” e foi amplamente difundida e usada pelos produtores gaúchos tanto por curiosidade quanto por alternativa de redução dos altos custos da cultura, apesar da ilegalidade (EMBRAPA, 2003).

No início, o cultivo de soja em várzea era utilizado principalmente para o controle de arroz-daninho. Todavia, com melhores preços de mercado e uma evolução das práticas de manejo da cultura em solos de várzea, a soja passou a ser um bom negócio para a propriedade, com boa liquidez e rentabilidade. Atualmente, estima-se que no Rio Grande do Sul apresenta 25% dos solos de várzea ocupados por soja, sendo que esta é a principal cultura de grão usada na sucessão. Mas, para chegar neste nível muitos foram os desafios a serem enfrentados, a drenagem e a eliminação de camadas compactadas são os principais deles. Além disso, é necessário a escolha de cultivares resistentes capazes de tolerar a umidade do solo com limitações de drenagem. Apesar destas cultivares também serem transgênicas e resistentes ao glyphosate, não se deve depender exclusivamente de aplicações deste herbicida para controlar as espécies daninhas, com o surgimento de plantas daninhas resistentes é imprescindível que se atrele outras técnicas de manejo para não se perder esta tecnologia (MARCHEZAN, 2013).

Em Santa Catarina, a utilização da soja em rotação com arroz irrigado na região do Litoral Sul Catarinense é recente. As primeiras áreas com o cultivo de soja em área de arroz pré-germinado conduzidas de forma experimental na região surgiram na safra 2018/2019 nos eventos de dia de campo da Dagostin Sementes e do Campo Demonstrativo da Cooperativa Cooperja. Muitos questionamentos surgiram a respeito da viabilidade do cultivo de soja nessas áreas, haja visto que o sistema de produção de arroz pré-germinado desestrutura drasticamente o solo, além disso em regiões de várzea com altos teores de argila a formação do “pé-de-arado”

é ainda maior, o que causaria grandes dificuldades de compactação e drenagem (Figura 1). O fluxo intenso de máquinas agrícolas durante o preparo do solo para o cultivo de arroz é o grande responsável pela compactação, o que influencia diretamente na porosidade do solo, dificultando não apenas o desenvolvimento das raízes, mas também a absorção de água e nutrientes, promovendo a redução na produtividade da soja (NELSON BEULTER; CENTURION, 2004; MORAES et al., 2020).

Figura 1 – Solo de varzea com drenagem superficial, mesmo após estiagem a camada inferior a 20cm fica saturada (A). Solo bem drenado com macrodrenos e subsolagem auxiliando na drenagem (B).



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para resolver este problema é necessário a utilização de ferramentas capazes de melhorar essa estrutura de solo. Sartori et al. (2016) conduziram estudo para avaliar o desempenho da cultura de soja semeada em diferentes sistemas de implantação, ao comparar semeadura com

discos duplo e ondulado, semeadura com haste sulcadora, semeadura em microcamalhão e semeadura em solo escarificado e constataram que o solo escarificado proporcionou melhor desenvolvimento radicular e maior rendimento da soja em solos compactados próximos à superfície. Resultado semelhante também foram apontados por Marchesan et al. (2017).

Com estas técnicas e ferramentas adequadas foi possível cultivar a soja nessas áreas de forma economicamente viável, o que despertou interesse por parte dos produtores, principalmente da região de Tubarão/SC, que enfrentavam maiores problemas com arroz daninho e capim arroz. Hoje, quatro safras após o início dos trabalhos com o cultivo de soja em áreas sistematizadas, a região já conta com estimativas preliminares que apontam uma substituição de área de aproximadamente 2000 hectares na região de Tubarão, que deixarão de ser arroz para serem cultivados com soja e/ou milho (Figura 2).

A utilização deste sistema soja-arroz mostra-se uma alternativa rentável, a soja apresenta valores mais estáveis no mercado sem contar que o controle de plantas daninhas e melhora na estrutura do solo podem levar a um aumento na produtividade do arroz cultivado na sequência na ordem de 30% (QUEVEDO, 2020).

Figura 2 – Lavoura de arroz pré-germinado, soja e milho cultivados em solo de várzea em Turvo/SC



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Contudo, a utilização de outras gramíneas em rotação com arroz pode ser um problema no que diz respeito ao controle de plantas daninhas. A utilização de sorgo, cultivado por três safras em terras baixas não se mostrou efetivo na diminuição do capim-arroz, pelo contrário, este cultivo aumentou ainda mais o banco de sementes desta espécie daninha no solo, a dificuldade do uso de herbicidas em pós emergência, bem como a dificuldade de estabelecimento desta cultura em terras baixas que reduziu a capacidade de sombreamento da área a fim de se evitar a germinação de novos fluxos de sementes, podem ter sido os fatores determinantes para o insucesso deste controle (GOULART, 2019). Na área experimental da empresa Dagostin Sementes, localizada em Turvo/SC foi possível observar ao longo de duas safras, um aumento considerável na população de capim-arroz e arroz-daninho na área que até então era cultivada sob o sistema de arroz pré-germinado. As hipóteses levantadas seriam: 1) mesmo utilizando herbicidas em pré-emergência, o período residual destes para o controle desta espécie é relativamente curto o que permitiu a reinfestação de plantas daninhas, 2) apesar da tecnologia RR presente no milho permitir a utilização do herbicida glyphosate, a partir do estágio V8 da cultura a aplicação deste herbicida passa a ser prejudicada pelo “efeito guarda-chuva” ou seja, as folhas do milho interceptaram parte do herbicida que teria como alvo as plantas daninha menores localizadas abaixo; 3) a similaridade entre as espécies dificulta a rotação de herbicidas; 4) arquitetura da planta de milho permite a passagem da luz do sol e favorece desta forma o desenvolvimento das plantas daninhas até à colheita da cultura (Figura 3).

Figura 3 – Área de milho em várzea no município de Turvo/SC na fase de pré-colheita em 27/03/2021



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

2.3.1 Preparo do solo

Para a implantação de lavouras de soja produtivas e economicamente viáveis nos solos de várzea é fundamental a subsolagem (Figura 4). A “quebra” da camada compactada nas camadas mais superficiais dos solos anteriormente cultivados com arroz proporciona uma menor resistência mecânica das raízes no solo, influenciando na absorção de nutrientes e aumentando o número de nódulos nas raízes o que impacta diretamente no rendimento de grãos. O benefício de melhora estrutural do solo deve prolongar até o próximo cultivo melhorando inclusive o desempenho das plantas de cobertura utilizadas na entressafra (MARCHESAN, et al. 2017).

Figura 4 – Descompactação área de várzea utilizando subsolador na pré-semeadura da soja em Turvo/SC.

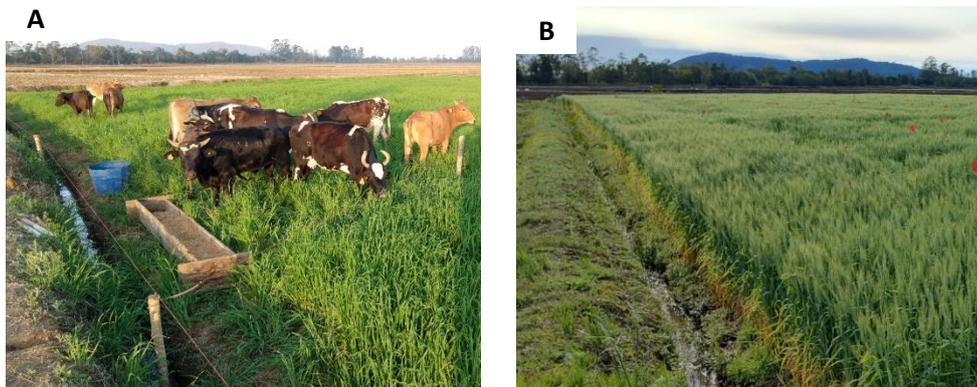


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após a descompactação o uso de plantas de cobertura na entressafra é essencial. A cobertura vegetal deverá funcionar como agente cimentante mantendo os macro e micro agregados do solo evitando a compactação e obstrução dos poros pela água das chuvas evitando novamente a compactação superficial do solo o que poderá prejudicar inclusive a emergência das plântulas de soja (GOMES et. al. 2002)

Além do mais, plantas de cobertura podem exercer um importante papel no controle de plantas daninhas (Figura 5). Além da barreira física, que impede que a luz do sol chegue até algumas sementes no solo impedindo sua germinação há também o efeito alelopático proveniente da decomposição das plantas de cobertura ou da exsudação radicular capazes de interferir ou até mesmo bloquear o desenvolvimento de espécies indesejadas (ALVARENGA et al, 2001).

Figura 5 – (A) Cobertura com azevém para pastejo do gado pós soja. (B) Cobertura com trigo para produção de grãos.



Fonte: Elaborado pelo autor (A-2020); (B-2022)

2.3.2 Manejo de plantas daninhas na cultura da soja

Devido à alta infestação das plantas daninhas, apenas manejos culturais não são suficientes para o efetivo controle e possível diminuição do banco de sementes. Um controle químico se faz necessário, porém deve ser muito planejado, haja visto que casos de resistência severos já foram identificados tanto em arroz daninho como em capim-arroz. Este último o mais preocupante, haja visto a identificação de resistência a cinco mecanismos de ação diferentes, com identificação de plantas em Santa Catarina com resistência múltipla e mais recentemente no Rio Grande do Sul plantas resistentes ao glyphosate (HEAP, 2021).

Zemolin et al. (2014) comprovou a eficiência da associação de S-metolachlor com glyphosate no controle de plantas de arroz-daninho resistente a inibidores de ALS em aplicações pós-emergência inicial. Esse manejo se mostra promissor também no controle das populações de capim-arroz suscetíveis ao glyphosate.

Apesar da identificação de plantas de capim arroz já resistentes a inibidores de ACCase e de a planta de arroz-daninho também serem capazes de metabolizar algumas dessas moléculas, Cortez (2000) nos apresentou uma alternativa importante, segundo o autor o local de ligação do herbicida na enzima alvo não é exatamente o mesmo para todos os grupos químicos. Para corroborar com tal afirmação Lingenfelter e Curran (2007) constataram em seus estudos que os herbicidas fluazifop-p-butyl e clethodim apresentaram maior controle de *Muhlenbergia frondosa* em relação a quizalofop-p-ethyl e sethoxydim.

Com estes resultados uma janela de possibilidades de associações de herbicidas utilizados no manejo de soja em rotação com o arroz se abre, sendo uma alternativa proativa no controle das principais plantas daninhas encontradas nas lavouras de arroz da região Sul do país.

2.3.2 Herbicidas recomendados para a pré-emergência da soja

2.3.2.1 S-metolachlor

Pertencente ao grupo químico das cloroacetamidas o metolachlor atua inibindo a síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa – grupo 15 (HEAP, 2022). Este herbicida é composto por dois isômeros R e dois isômeros S distribuídos em igual proporção. Sendo a atividade herbicida mais ligadas aos isômeros S (MOSER et al., 1983). Sabendo disso Blaser e Sindler (1997), através de um novo sistema catalítico foram capazes de produzir uma nova substância enriquecida com mais de 80% de Isômeros S, surgindo então o S-metolachlor, um herbicida mais eficiente e capaz de controlar as plantas daninhas utilizando doses menores (KARAM, et al., 2003)

Este herbicida atua com controle em pré-emergência, principalmente de gramíneas, sua absorção se dá principalmente pelas raízes em dicotiledôneas e pelo epicótilo em gramíneas. Desta forma, as plantas sensíveis nem chegam a emergir, a morte já ocorre no início do processo germinativo. Quando chegam a emergir estas apresentam deformações (ROMAN et al. 2007). Apesar de seguro quando utilizado nas doses recomendadas, este herbicida pode apresentar fitointoxicação na cultura da soja (Figura 6), esta injúria caracteriza-se pelo enrugamento das folhas iniciais (formato de coração em plantas de soja) causado pelo crescimento menor da nervura central em relação ao limbo foliar. (KARAM, et al., 2003).

Figura 6 – Folha enrugada em formato de coração, sintoma de fitotoxicidade em soja causado por S-metolachlor em soja.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

As plantas tolerantes a este herbicida como a soja, por exemplo, são capazes de metabolizar o S-metolachlor em quantidade suficiente para se estabelecer e diminuir consideravelmente a fitointoxicação (LIEBL, 1995). Apenas duas populações de *Lolium rigidum* na Austrália apresentaram resistência confirmada a este herbicida (HEAP, 2022).

2.3.2.2 Diclosulam

Este herbicida é pertence ao mecanismo de ação dos inibidores da acetolactato sintase ALS e está enquadrado no grupo químico das sulfonilamidas triazolopirimidina. Este grupo de herbicidas age na inibição de enzima ALS, importante na síntese de aminoácidos. Com a utilização destes herbicidas, além divisão celular também inibida, pode haver também o acúmulo de acetohidroxibutirato e diminuição de translocação de assimilados, levando as plantas suscetíveis à morte (ROMAN et al. 2007).

O herbicida diclosulam, vem sendo amplamente utilizado na cultura da soja em todo o país, por se tratar de um herbicida seletivo para a cultura, quando aplicado em pré-emergência apresenta excelentes resultados de controle (GAZOLA, et al. 2016). Assim como os demais inibidores de ALS, devido sua capacidade de sorção o diclosulam poderá aumentar seu efeito residual no solo em função das variáveis, teor de umidade, teor de argila e matéria orgânica (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018). Este ingrediente ativo pode ser uma boa alternativa para as áreas de várzea de Santa Catarina que apresentam elevados de teores de Argila. Haja visto

que segundo Gazola, et al. (2016) este herbicida apresentou-se como sendo muito seguro para o uso no controle de plantas daninhas nos solos de textura argilosa cultivados com soja.

No Brasil, apenas um caso de resistência de *Euphorbia heterophylla* à diclosulam foi relatado em 2004 (HEAP, 2022). De lá para cá novos casos não foram identificados no país, Porém vale destacar, que nos casos onde existir a resistência cruzada a inibidores de ALS poderá haver o comprometimento de todos os demais grupos químicos com este mecanismos de ação, como já observado por Cechin et al. (2017) e Costa et. al. (2021) em populações de *Raphanus sativus* e *Raphanus raphanistrum* . Portanto, apesar de não se identificar resistência específica ao herbicida diclosulam, espécies que apresentarem resistência cruzada poderão também ser resistente a este herbicida.

2.3.2.3 Sulfentrazone

O Sulfentrazone é um herbicida inibidos da protoporfirinogenio oxidase (PROTOX), pertencente ao grupo químico das triazolinonas (ROMAN et al. 2007). Esta enzima atua diretamente na biossíntese de clorofila, catalizando a oxidação de proporfirinogênio IX para protoporfirina IX no cloroplasto. Ao inibir a PROTOX há um aumento protoporfirinogênio IX no cloroplasto da célula que acaba transbordando para o citoplasma neste local há conversão em protoporfirina IX e na presença de luz espécies reativas de oxigênio provocando a peroxidação dos lípidos da membrana e morte celular (MENDES; SILVA, 2022).

Podem ser absorvidos pelas raízes, caules ou folhas jovens das plantas. Apesar de serem utilizados mais amplamente em pós-emergência, alguns herbicidas deste grupo também são utilizados em pré-emergência, como por exemplo o sulfentrazone. Quando as aplicações são realizadas em pós-emergência a necrose das folhas e morte das plantas daninhas ocorre rapidamente, de um a três dias. Quando utilizados em pré-emergência causam a morte das plantas quando estas entram em contato com a parte tratada do solo (OLIVEIRA JUNIOR et al. 2011).

No caso do Sulfentrazone, a absorção ocorre pelo sistema radicular, o herbicida apresenta elevada sorção aos coloides do solo, podendo apresentar tempo de meia vida no solo de até 180 dias. Sua utilização em pré-emergência na soja está relacionada principalmente ao controle de biótipos resistentes ao glyphosate e/ou inibidores da ALS (MENDES; SILVA, 2022).

Nas aplicações em pré-emergência deve-se sempre tomar cuidado com a textura do solo e com a cultivar de soja utilizada, solos com textura mais arenosa tendem a aumentar os sintomas de fitointoxicação, caracterizado principalmente pela redução considerável do porte das plantas (Figura 7) (PEREIRA et. al. 2000). No Brasil não há casos de resistência confirmados para este herbicida (HEAP, 2022).

Figura 7 – Planta de Soja 33 DAAPE apresentando sintoma de fitointoxicação com redução de crescimento da parte aérea.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

2.3.2.4 Sulfentrazone + diuron

A mistura comercial de dois mecanismos de ação diferentes sulfentrazone + diuron que deram origem ao produto comercial Stone® (FMC, 2022), sendo o Sulfentrazone um inibidor de PROTOX conforme descrito anteriormente e o diuron um inibidor de Fotossistema II, do grupo químico das ureias (ROMAN et al. 2007).

O diuron causa a morte das plantas suscetíveis da seguinte forma: ao prender-se à proteína D1, no sítio onde se prende a plastoquinona Qb, realiza uma ligação bloqueia o transporte de elétrons da plastoquinona Qa para a Qb, interrompendo assim a fixação de CO₂ e a produção de ATP e NADPH, necessários para o desenvolvimento da planta. A absorção do diuron ocorre pelas raízes e a translocado para as folhas através do xilema (MENDES, SILVA, 2022).

O diuron é muito sorvido pelos coloides este herbicida tem sua atividade residual extremamente dependente das características físico-químicas do solo. Por ser pouco móvel no

perfil do solo, em solo de textura média e pesada o herbicida garante a seletividade toponômica. Já em solos mais leves o diuron pode atingir o sistema radicular da cultura causando fitotoxicidade (MENDES; SILVA, 2022).

No Brasil há registro de uma população *Conyza sumatrensis* com resistência múltipla a cinco mecanismos de ação, sendo o diuron (inibidor de fotossistema II) uma delas (HEAP, 2022).

2.3.2.5 Pyroxasulfone + flumioxazin

O Produto comercial Kyojin® é o resultado da mistura entre os herbicidas pyroxasulfone + flumioxazin (IHARABRAS, 2022).

Estes herbicidas são pertencentes a dois mecanismos de ação distintos, sendo o pyroxasulfone um inibidor da síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa e o flumioxazin um inibidor da PROTOX (HEAP, 2022), ambos já descritos anteriormente.

A mistura de dois herbicidas residuais de mecanismos de ação diferentes tem por objetivo aumentar o espectro de controle das plantas daninhas na cultura da soja, aliando o que há de mais efetivo de controle em cada um dos ativos.

O pyroxasulfone apesar de ser considerado pouco persistente no solo e recomendado para o controle em pré-emergência em diversas culturas, entre elas a soja. Possui indicação para o manejo de azevém resistente no trigo (WALSH et. al. 2011). A utilização deste herbicida mesmo sobre a palha de milho e soja promoveu excelente controle de *Digitaria insularis* (MATTE, et al. 2021). Já o flumioxazin apesar de também não ser persistente no solo e ter recomendação também para o controle em pós-emergência (MENDES, SILVA, 2022), apresenta-se como uma boa alternativa para o controle em pré-emergência para várias espécies de folhas largas especialmente a buva (*Conyza bonariensi*) (MELLO, 2020). Sendo assim, esta associação apresenta-se como uma boa alternativa no controle de biótipos resistentes plantas de famílias diferentes, como por exemplo de *Conyza* spp. e *Digitaria insularis*.

No Brasil não há registro de resistência a nenhum dos herbicidas utilizados nesta associação (HEAP, 2022).

2.3.3 Herbicidas recomendados para pós-emergência da soja

2.3.3.1 Glyphosate

Este é o único representante do grupo químico inibidor da 5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs). Desenvolvido nos anos 50 pela indústria farmacêutica suíça, porém sua função herbicida só passou a ser conhecida nos anos 70, quando a Monsanto, atualmente pertencente à Bayer, descobriu suas propriedades herbicidas e passou a utilizar na dessecção de plantas. Nos anos 90 com o surgimento da sua linha de sementes Roundup as vendas deste herbicida dispararam em todo o mundo. No ano de 2017 somente no Brasil foram vendidas 173 mil toneladas deste ativo (DOMINGUES, 2019).

Por ser um herbicida não seletivo este atua no controle tanto de espécies mono e dicotiledôneas, atua de forma sistêmica nas plantas e não apresenta atividade residual no solo. No Brasil ele é comercializado por diversas empresas com diferentes nomes comerciais e formulações, podendo ser formulado como sal de isopropilamina, sal de amônio ou sal monopotássico (ROMAN et al. 2007).

Ele atua inibindo a enzima EPSPs por competição com o substrato PEP (fosfoenolpiruvato) responsável pela transformação do chiquimato em corismato. Este aumento de chiquimato juntamente com a redução de aminoácidos levam a perda de carbono utilizados para outras reações celulares na planta, há um aumento na concentração de etileno, nitrato entre outros compostos químicos que levam a planta à morte (MENDES, SILVA, 2022).

No final dos anos 90 a soja transgênica passou a ser produzida no Brasil, e o uso do glyphosate como ferramenta de controle de plantas daninhas aumentou consideravelmente (EMBRAPA, 2003). Porém, apesar do amplo espectro de controle, algumas espécies são tolerantes a este herbicida como é o caso das trapoerabas (*Commelina spp.*), da erva-quente (*Spermacoce latifolia*), da corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), da apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), do agriãozinho (*Synedrellopsis grisebachii*) e da erva-de-santa-luzia (*Chamaesyce hista*) (MENDES, SILVA, 2022).

Não bastasse as tolerantes, o uso desenfreado deste herbicida favoreceu a seleção de biótipos resistentes a este mecanismo de ação, somente no Brasil são 10 casos de resistência confirmada, sendo o último deles, confirmado em 2020, uma população de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli var. crus-galli*) (HEAP, 2022). Esta planta daninha é importante na cultura de arroz e um dos principais objetos de estudo deste trabalho.

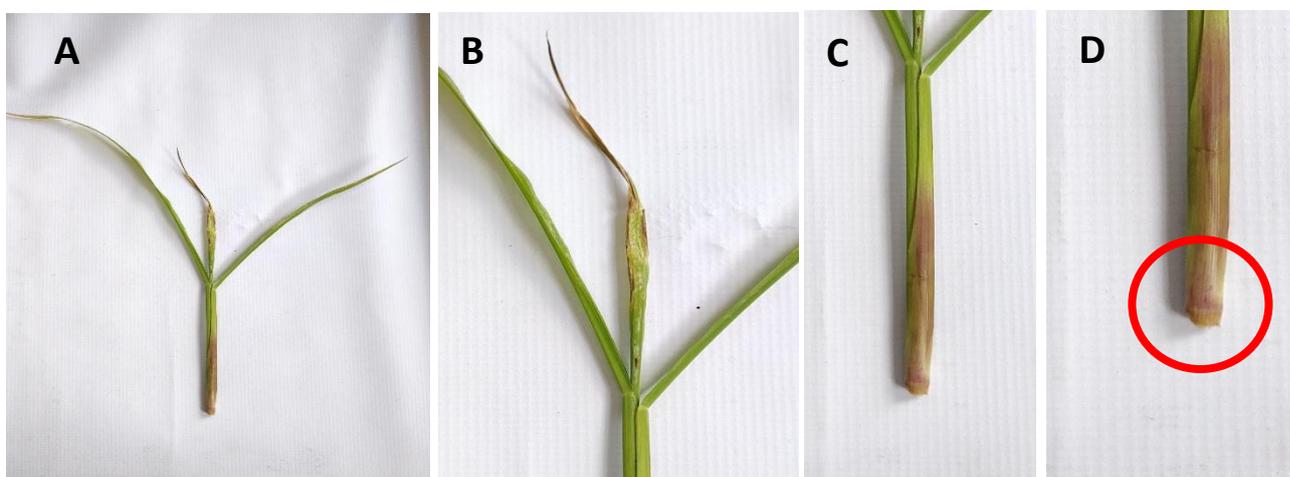
2.3.3.2 Clethodim

Pertencente ao grupo químico das ciclohexanodionas (DIMs) o clethodim é um herbicida inibidor da acetil-coenzima A carboxilase (ACCCase) (HEAP, 2022). Estes herbicidas foram lançados no mercado em meados dos anos 80, aproximadamente uma década após os lançamentos dos primeiros herbicidas inibidores de ACCCase pertencentes ao grupo dos ariloxifenoxipropionatos (FOPs). Além deste há um terceiro grupo denominado fenilpirazolinás (DEN), introduzido no mercado mais recentemente em 2006 (OVEJERO et. al., 2016).

A enzima ACCCase é fundamental na síntese de ácidos graxos, componentes essenciais para a formação das membranas celulares e do cloroplasto, servindo como regulador da entrada e saída das células. Com a utilização dos herbicidas inibidores destas enzimas há uma considerável diminuição na síntese de ácidos graxos por parte das plantas, paralisando quase que de forma instantânea o crescimento e multiplicação das células, e suspendendo o crescimento meristemático na base das folhas. As plântulas em estádios iniciais de desenvolvimento são as mais suscetíveis (ROMAN et al. 2007).

A morte da planta ocorre de forma lenta, podendo levar até três semanas. Inicialmente os sintomas se dão nos pontos de crescimentos mais jovens bainha e base das folhas, sendo estas facilmente destacadas, os entrenós podem apresentar lesões necróticas (figura 8) as folhas mais novas ficam necróticas e as mais velhas podem adquirir cor arroxeadada (OLIVEIRA JUNIOR., 2011).

Figura 8 – (A) Capim arroz 7 DAAPE de herbicida inibidor de ACCCase, (B) folha mais nova com lesões necróticas, (C) folhas mais velhas na cor arroxeadada, (D) lesão necrótica no entrenó.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Estes herbicidas são amplamente utilizados no controle de gramíneas em pós-emergência na cultura da soja e outras dicotiledôneas, devido a diferença genética entre essas espécies. A enzima ACCase apresenta-se em duas isoformas sendo uma homomérica e outra heteromérica, sendo a homomérica a forma de atuação dos herbicidas (DÉLYE, 2005). As dicotiledôneas apresentam as duas formas da enzima, sendo a heteromérica presente nos plastídios e a homomérica no citosol. Já as gramíneas possuem apenas a forma homomérica tanto no plastídio como no citosol (SASAKI et al, 1995). Como os herbicidas atuam apenas na forma homomérica inibindo a síntese de ácidos graxos a maior parte das gramíneas são controladas (DÉLYE, 2005).

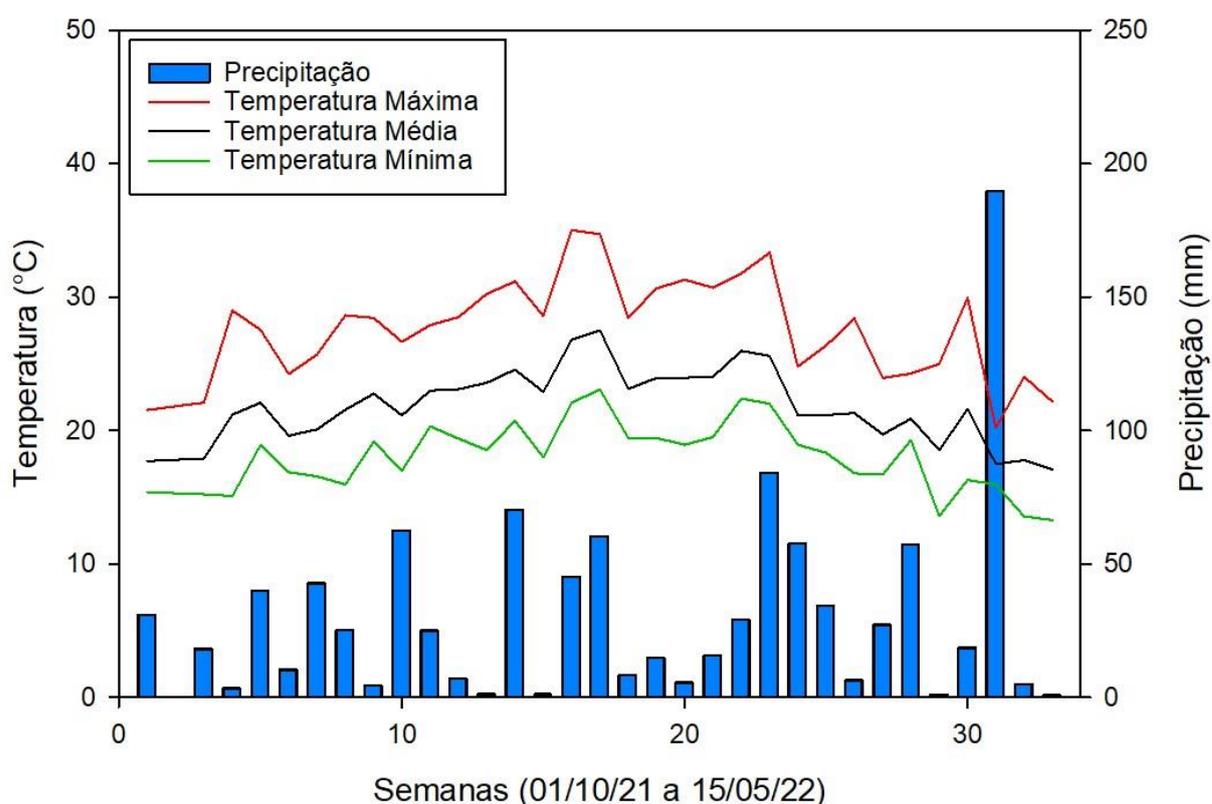
Apesar de mais de 50 espécies de plantas daninhas resistentes aos inibidores de ACCase no mundo, no Brasil há registro de apenas o *Lolium multiflorum* resistente ao herbicida clethodim. Para esta espécie, duas populações resistentes distintas foram identificadas, ambas com resistência múltipla (HEAP, 2022).

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL, CARACTERÍSTICAS DE CLIMA E SOLO

O experimento foi realizado na unidade experimental da Dagostin Sementes, situada no município de Turvo, SC (28°54'09,9" S 49°44'39,8"O e 49 m de altitude). O clima da região foi classificado de acordo com Köppen como Cfa, subtropical úmido (mesotérmico úmido, com verão quente), sem estação seca definida (BACK, 2020). O trabalho de campo foi conduzido no período de agosto de 2021 a abril de 2022 em área de várzea sistematizada, e apresenta histórico de alta infestação de arroz-daninho e capim-arroz com resistência a inibidores da ALS. As informações sobre as condições climáticas durante a realização do experimento encontram-se na Figura 9.

Figura 9 - Valores médios semanais de temperaturas médias e precipitação (mm) no período de 01 de outubro de 2021 a 15 de maio de 2022.



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2022)

O solo da área experimental foi classificado como Gleissolo Háptico tb eutrófico, (SANTOS et al., 2018). Na safra 2021/2022, este solo apresentava na camada de 0 - 20,0 cm, em setembro de 2021, os seguintes atributos físico-químicos: 36% de argila; pH água (1:1) =

5,3; P = 3,4 mg dm⁻³; K = 153 mg dm⁻³; Al = 0,3; Ca = 4,6 cmolc dm⁻³; Mg = 2,7 cmolc dm⁻³; e MO = 2,4 % e m% = 3,2%.

A pesquisa foi conduzida em área comercial sistematizada para a produção de arroz irrigado e que foi adequada para o sistema de rotação de culturas. Nesta área há histórico de pelo menos 30 safras de cultivo de arroz irrigado. Na safra 2018/2019 foi cultivada com soja, sem o uso de herbicidas em pré-emergência, e as safras 2019/2020 e 2020/2021 foram cultivadas com milho, onde houve um aumento significativo na população de plantas daninhas na área, em especial de capim-arroz e arroz-daninho (Figura 10).

Figura 10 – Área do experimento antes do preparo da área para implantação do experimento com soja, foto retirada na entressafra no dia em 04/06/2021.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Na safra 2021/2022 a área foi novamente preparada para a cultura da soja. A adequação para a semeadura de soja demanda algumas práticas mecânicas capazes de garantir o sucesso da lavoura. A drenagem da área é essencial, sem ela as plantas de soja têm grande dificuldade de estabelecimento, apresentando desde expressiva queda na produtividade até mesmo a morte de plantas. A construção de macro e microdrenos é importante para garantir a escoamento total da área após as chuvas em até 24 horas. Além disso, a descompactação do solo é fundamental, uma vez que a compactação além de prejudicar o desenvolvimento das raízes também contribui significativamente para o encharcamento do solo nestas áreas (IRGA, 2018).

O preparo da área experimental se deu pouco tempo após a colheita do milho, (cultura antecessora). Para isto, foi realizado no final de julho de 2021 a descompactação total da área com o auxílio de um escarificador de 4 hastes, com distância entre hastes de 50 cm a uma

profundidade de 35 cm. Em seguida uma grade niveladora de arrasto foi utilizada para eliminar as irregularidades no terreno causada pela operação anterior e melhorar a sistematização da área. Uma envaletadora rotativa foi utilizada na construção dos canais de drenagem. Um canal de aproximadamente 35 cm foi aberto em todo o perímetro da área, e três valetas menores com profundidade de 20 cm foram abertas a uma distância de 20 metros entre si perpendiculares às linhas de semeadura.

Devido à alta infestação de plantas daninhas, em 25 de agosto de 2021 foi realizada a dessecação utilizando para isso a seguinte mistura glyphosate (2480 g e.a. ha⁻¹) + 2,4-D (402 g i.a. ha⁻¹) + Adjuvante Alquil ester fosfatado (376 g i.a. ha⁻¹). O solo foi novamente preparado com gradagem leve um dia antes da semeadura, para incorporação dos restos vegetais.

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS E UNIDADES EXPERIMENTAIS

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com tratamentos organizados em esquema fatorial 6 x 5, com quatro repetições. O fator A correspondeu a aplicação de herbicidas em pré-emergência; e o fator B ao controle de plantas daninhas com a aplicação de herbicidas em pós-emergência, conforme detalhado na Tabela 1. No total foram avaliados 30 tratamentos e as unidades experimentais tiveram área total de 12 m² (dimensão de 3,0 x 4,0m).

Durante as primeiras avaliações do experimento, após o estabelecimento da cultura e a aplicação dos herbicidas de pré-emergência, também foram coletadas imagens aéreas com a utilização de NDVI, para a possível visualização de plantas daninhas em cada uma das parcelas. Esta ferramenta de sensoriamento remoto é capaz de monitorar e determinar a variação de biomassa das plantas (FONTANA et al. 2019). Apesar de inicialmente ser usada para acompanhar manchas de fertilidade nas culturas, também pode ser utilizada para determinar o índice de refletância, ou seja, a existência ou não de plantas daninhas nas estrelinhas da cultura (MEROTTO JR. A, 2012).

Tabela 1 – Descrição dos herbicidas, modalidade de aplicação e dose aplicada no estudo de controle das plantas daninhas.

Tratamentos	Pré-emergência	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Pós-emergência	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
T1	Sem herbicida		-	-
T2	Sem herbicida		Glyphosate	930
T3	Sem herbicida		Glyphosate	1550
T4	Sem herbicida		Glyphosate + clethodim ¹	930 + 108
T5	Sem herbicida		Glyphosate + clethodim ¹	1550 + 108
T6	S-metolachlor	1728	-	-
T7	S-metolachlor	1728	Glyphosate	930
T8	S-metolachlor	1728	Glyphosate	1550
T9	S-metolachlor	1728	Glyphosate + clethodim ¹	930 + 108
T10	S-metolachlor	1728	Glyphosate + clethodim ¹	1550 + 108
T11	Diclosulam	29,4	-	-
T12	Diclosulam	29,4	Glyphosate	930
T13	Diclosulam	29,4	Glyphosate	1550
T14	Diclosulam	29,4	Glyphosate + clethodim ¹	930 + 108
T15	Diclosulam	29,4	Glyphosate + clethodim ¹	1550 + 108
T16	Sulfentrazone	500	-	-
T17	Sulfentrazone	500	Glyphosate	930
T18	Sulfentrazone	500	Glyphosate	1550
T19	Sulfentrazone	500	Glyphosate + clethodim ¹	930 + 108
T20	Sulfentrazone	500	Glyphosate + clethodim ¹	1550 + 108
T21	SUL + Diuron	210 + 420	-	-
T22	SUL + Diuron	210 + 420	Glyphosate	930
T23	SUL + Diuron	210 + 420	Glyphosate	1550
T24	SUL + Diuron	210 + 420	Glyphosate + clethodim ¹	930 + 108
T25	SUL + Diuron	210 + 420	Glyphosate + clethodim ¹	1550 + 108
T26	PYR + FLU	120 + 80	-	-
T27	PYR + FLU	120 + 80	Glyphosate	930
T28	PYR + FLU	120 + 80	Glyphosate	1550
T29	PYR + FLU	120 + 80	Glyphosate + clethodim ¹	930 + 108
T30	PYR + FLU	120 + 80	Glyphosate + clethodim ¹	1550 + 108

¹ adição de óleo mineral a 0,5%v/v. Fator A: T6 à T10; S-metolachlor (Dual Gold na dose de 1,8 L ha⁻¹), T11 à T15; diclosulam (Spider na dose de 35 g ha⁻¹), T16 à T20; sulfentrazone (Boral na dose de 1,0 L ha⁻¹), T21 à T25; sulfentrazone + diuron (Stone na dose de 1,2 L ha⁻¹) e T26 à T30; pyroxasulfone + flumioxazin (Kyojin na dose de 0,4 L ha⁻¹). Fator B: glyphosate 930 (g e.a. ha⁻¹) (Roundup xequê-mate na dose de 1,5 L ha⁻¹), glyphosate 1550

(Roundup xequemate na dose de $2,5 \text{ L ha}^{-1}$), 4) glyphosate 930 + clethodim (Roundup xequemate + Select na dose de $1,5 + 0,45 \text{ L ha}^{-1}$) e 5) glyphosate 1550 + clethodim (Roundup xequemate + Select na dose de $2,5 + 0,45 \text{ L ha}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 11 – Imagem aérea NDVI do campo experimental 33 dias após a aplicação dos herbicidas em pré-emergência (DAA).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.3 CULTIVAR, SEMEADURA, ADUBAÇÃO E MANEJO FITOSSANITÁRIO

A semeadura da cultura da soja foi realizada no dia 01 de novembro de 2021, utilizando a cultivar BS 2606 IPRO. A escolha da cultivar se deu principalmente em função do sistema radicular agressivo e elevado potencial de engalhamento o que favorece a produtividade em solos de várzea quando bem manejados. Em ensaios anteriores na área experimental esta foi um das cultivares com maior potencial produtivo e melhor adaptação. Esta é uma cultivar de grupo de maturação 6.0 e hábito de crescimento indeterminado. Para a semeadura foi utilizada uma semeadora pantográfica de 6 linhas com espaçamento entre as linhas de 0,50 m e densidade de 13 plantas por metro linear. A população final de plantas será de aproximadamente 260 mil

plantas ha⁻¹. As sementes foram tratadas com standak top 2,0 ml kg⁻¹ + color colt 2,0 ml kg⁻¹ + florite 3,0 ml kg⁻¹ e foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (7,5 ml para cada kg de semente). A adubação foi realizada seguindo as recomendações técnicas para a cultura da soja, para o estado de Santa Catarina. A adubação de base realizada no experimento foi de 147 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado diretamente no sulco de semeadura e 60 kg K₂O ha⁻¹ aplicados à lanço dois dias após a semeadura (SBCS, 2016).

A cultura foi implantada no sistema de plantio convencional. O manejo de pragas e doenças foi realizado por meio do controle químico, acompanhando o manejo padrão das demais áreas comerciais dos produtores da região, utilizando pesticidas recomendados para a cultura da soja e aprovados pelo MAPA. O manejo fitossanitário adotado no experimento está sumarizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Manejo de pragas e doenças para a cultura da soja realizados no experimento, seguindo as recomendações técnicas para a região de Turvo/SC.

Fase da cultura	Produto Comercial	Classe	Dose (p.c. ha ⁻¹)
V8 (fechamento de linha)	Unizeb Gold	Fungicida	2 kg
V8 (fechamento de linha)	Fox Xpro	Fungicida	500 ml
V8 (fechamento de linha)	Connect	Inseticida	800 ml
V8 (fechamento de linha)	Aureo	Adjuvante	325 ml
V8 + 10 dias	Unizeb Gold	Fungicida	1,5 kg
V8 + 10 dias	Fox Xpro	Fungicida	500 ml
V8 + 10 dias	Engeo Pleno S	Inseticida	200 ml
V8 + 10 dias	Permetrina	Inseticida	100 ml
V8 + 10 dias	Up Dry	Desalojante	75 g
V8 + 10 dias	Veget Oil	Adjuvante	325 ml
V8 + 25 dias	Sphere Max	Fungicida	200 ml
V8 + 25 dias	Connect	Inseticida	1000 ml
V8 + 25 dias	Permetrina	Inseticida	100 ml
V8 + 25 dias	Aureo	Adjuvante	325 ml

Tantos as aplicações V8 (fechamento de linha) e V8 + 10 dias foram realizadas com Drone com taxa equivalente a 15 L ha⁻¹. A aplicação V8 + 25 dias foi realizada com costal elétrica com taxa equivalente a 130 L ha⁻¹.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.4 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

A aplicação dos tratamentos foi realizada com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , munido de quatro pontas do modelo TT 110.015, à pressão constante de 207 kPa, monitorada em um manômetro na barra de aplicação, velocidade de deslocamento de $1,0 \text{ m s}^{-1}$, aplicando uma taxa equivalente a 150 L ha^{-1} . A aplicação em pré-emergência (fator A) foi realizada no sistema plante/aplique no dia da semeadura (01/11/2021). As condições climáticas no momento da aplicação foram averiguadas e indicaram uma temperatura de 25°C , umidade relativa de 71% e velocidade do vento de $5,0 \text{ km h}^{-1}$.

A aplicação realizada em pós-emergência (fator B) foi realizada 34 dias após a semeadura (DAS), no dia 04 de dezembro de 2021, com a soja no estágio V5/V6 e as plantas daninhas com três folhas verdadeiras. As condições climáticas no momento da aplicação foram averiguadas e indicaram uma temperatura de $27,5^\circ\text{C}$, umidade relativa de 55% e velocidade do vento de $2,7 \text{ km h}^{-1}$ (Figura 12)

Figura 12 – Aplicação de herbicidas em pós-emergência da soja, realizada aos 34 DAS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3.5. VARIÁVEIS AVALIADAS

Avaliou-se o controle das plantas daninhas e a fitointoxicação da soja aos 34 DAS, quando foi realizada a aplicação em pós-emergência. Foi utilizado escala visual de 0 a 100% para avaliação de controle, onde 0 significa nenhum controle e 100% controle total (morte) das

plantas daninhas. Uma escala visual também de 0 a 100% para avaliação da fitointoxicação na soja foi utilizada, onde 0 significa nenhuma injúria e 100% necrose total da cultura (KUVA, et al. 2016). As avaliações de fitointoxicação foram realizadas aos 0, 7, 14 e 34 dias após a aplicação de pós-emergência (DAAPE). As avaliações de controle foram realizadas aos 0, 7, 14, 34 e 111 DAAPE.

A contagem das plantas daninhas foi realizada aos 34 DAAPE, nesta avaliação utilizou-se um quadro de PVC com área de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$). O quadro foi lançado aleatoriamente no centro de cada uma das parcelas e em seguida foi realizado a contagem do número de plantas daninhas por espécie, nas respectivas áreas.

O estande final de plantas foi determinado aos 111 DAAPE na pré-colheita, através da contagem do número de plantas de soja nas três linhas centrais e em quatro metros lineares de cada parcela, a altura de plantas foi definida após a medição da altura em cinco plantas por parcela, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. O número de vagens por planta foi determinado após a contagem do número de vagens em cinco plantas por parcela.

A avaliação da produção de sementes de capim-arroz foi realizada na pré-colheita do experimento. Nesta operação foi utilizado novamente o quadro de PVC com área de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$), lançado aleatoriamente sobre as parcelas que apresentava panículas maduras capazes de produzir sementes viáveis de capim-arroz. Estas panículas foram colhidas e secas em estufa de ar forçado à 38°C por 72 horas. Após esta operação, cada uma das amostras foi trilhada manualmente separando-se apenas as sementes que, em seguida, foram pesadas determinando-se assim o peso total de sementes por amostra. Para estimar o número total de sementes por m^2 foram pesadas $0,5 \text{ g}$ de cada amostra e contado o número total de sementes. O valor encontrado foi extrapolado para o peso total da amostra estimando assim o número total de sementes por m^2 .

A produtividade de grãos foi determinada após colheita de quatro metros lineares nas três linhas centrais da parcela. A colheita foi realizada de forma manual com uma roçadora costal à gasolina, as plantas colhidas foram ensacadas e identificadas e posteriormente trilhadas com o auxílio de uma trilhadora estacionária. A umidade dos grãos foi determinada e padronizada para 13% e a produtividade foi extrapolada em kg ha^{-1} .

O peso de mil grãos foi determinada após a secagem das amostras em estufa de ar forçado à 38°C , foram pesados 100 grãos de cada uma das amostras e o valor foi extrapolado para o g por 1000 grãos^{-1} .

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F. O desdobramento dos fatores tratamentos em pré-emergência e tratamentos de pós-emergência foi realizado e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com exceção da produção de sementes de capim-arroz que foi avaliada por intervalo de confiança. O nível de significância utilizado em todas as análises foi de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

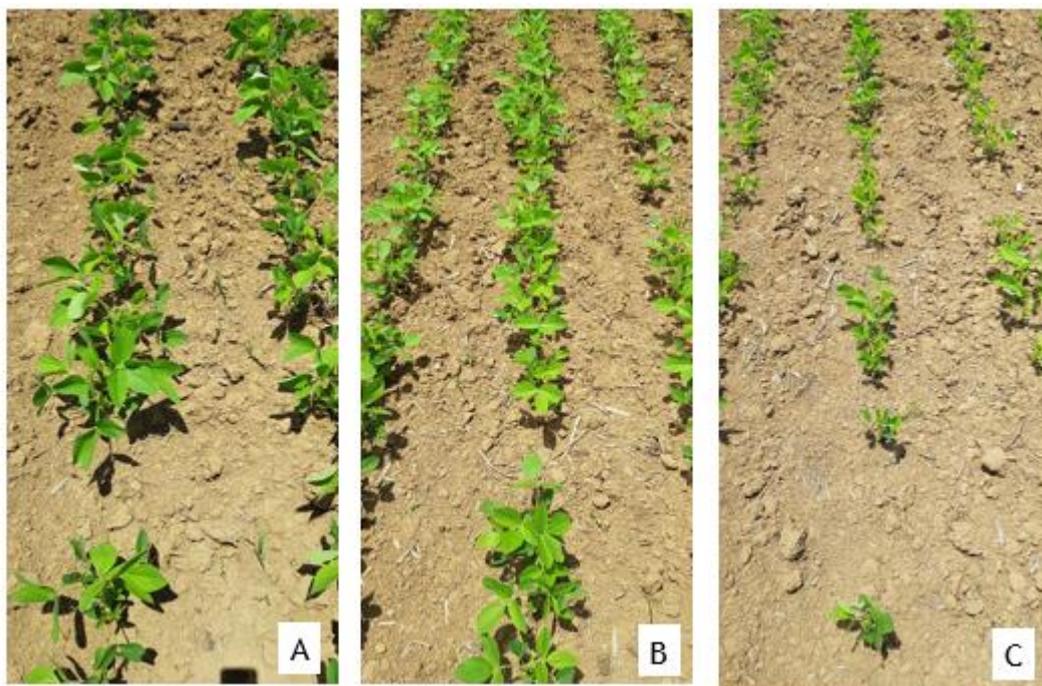
Na aplicação de pós-emergência, aos 33 DAS, foi realizada a primeira avaliação visual de fitointoxicação (Tabela 3), portanto considerou-se esta avaliação como zero DAAPE. Os herbicidas S-metolachlor e diclosolum, apresentaram níveis extremamente baixo de fitointoxicação, inferiores à 5%, sendo os sintomas marcados por enrugamento em algumas folhas ou clorose leve, respectivamente (Figura 13).

Sintoma de injúria semelhante ao causado pelo herbicida diclosulam foi encontrado por Sanchotene et al. (2016), aos 21 DAA os autores observaram fitointoxicação muito leve na cultura da soja. No entanto, os resultados para o herbicida S-metolachlor divergiram dos encontrados neste trabalho, a ausência de sintomas encontrados pelos autores pode ter relação com a utilização de dose reduzida de S-metolachlor (1152 g ha^{-1} de i.a.).

Gubiani et al. (2021) ao avaliar o desempenho de diferentes doses do herbicida sulfentrazone + diuron na cultura da soja, não observaram sintoma de fitointoxicação na cultura independente das doses utilizadas. Esses resultados que divergem dos encontrados neste trabalho, onde o herbicida sulfentrazone + diuron apresentou sintomas de injúria intermediária, com fitointoxicação máxima de 12,5%. As variações de pH, textura de solo e matéria orgânica devem ser levadas em consideração haja visto que tais fatores podem influenciar na sorção do herbicidas sulfentrazone e diuron nos coloides do solo (INOUE et al., 2008; FREITAS et al., 2014).

A maior fitointoxicação encontrada foi com o herbicida sulfentrazone, que apresentou valores oscilando de 24,25% a 33,25% (Tabela 3). Os valores altos de fitointoxicação, variando principalmente em função da cultivar também foram observados por Taylos-Lovell et al. (2001) quando aplicadas doses de sulfentrazone superiores a $224 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ em soja. Os sintomas principais foram a redução de crescimento, folhas pequenas e pouco desenvolvidas e falha no estande de plantas (Figura 13) sintomas semelhantes aos descritos por Arruda et al. (1999). Não há como afirmar se tais injúrias encontradas neste trabalho se deram em função da cultivar ou das condições ambientais. Estudos mais aprofundados de dose e resposta com o herbicida sulfentrazone e a suscetibilidade das cultivares de soja utilizadas na região são recomendados.

Figura 13 – Sintomas de fitointoxicação de S-metolachor (A), sulfentrazone + diuron (B) e sulfentrazone (C) na avaliação pré aplicação de pós-emergência (0 DAAPE).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A partir dos 7 DAAPE os sintomas de fitointoxicação nos tratamentos com sulfentrazone + diuron e pyroxasulfone + flumioxazin apresentaram uma redução considerável, ficando menor que 10%. Durante este período, um acumulado de chuvas de pouco mais de 50mm aliado a temperaturas médias diárias em torno de 23°C e temperaturas máximas próximas a 27 °C (Figura 9), formaram as condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da soja. Tais fatores podem ter contribuído para o melhor desenvolvimento da cultura e conseqüentemente uma maior capacidade de metabolização do herbicida e rápida recuperação da fitointoxicação dos herbicidas (ROMAN et. al. 2007).

Para o sulfentrazone, apesar deste também apresentar sensível redução nos sintomas de fitointoxicação está se manteve superior a 20%. Este padrão seguiu nas avaliações subsequentes, aos 14 DAAPE, quando a maioria dos tratamentos já haviam apresentado fitointoxicação próxima de zero, o sulfentrazone apresentou fitointoxicação superior a 14%. Aos 34 DAAPE os tratamentos que receberam sulfentrazone ainda apresentava injúrias superiores a 10% (Tabela 3). Resultados

semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2000), em experimento conduzido com a aplicação de sulfentrazone em soja em solo com textura arenosa.

Tabela 3 - Fitointoxicação na cultura da soja aos 0, 7, 14, 34 dias após a aplicação de pós-emergência (DAAPE). Turvo, SC, 2021/2022.

Fitointoxicação aos zero DAAPE (33 DAA em pré-emergência)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 dA	0,0 bA	0,0 cA	0,0 cA	0,0 cA
S-metolachlor	1,25 cdA	0,75 bA	0,5 cA	4,25 bcA	1,5 bcA
Diclosulam	0,50 cdA	1,25 bA	1,5 cA	1,75 cA	0,0 cA
Sulfentrazone	33,25 aA	27,2 aAB	31,5 aAB	30,5 aAB	24,25 aB
SUL + Diuron	12,5 bA	4,25 bA	5,5 bcA	6,75 bcA	5,0 bcA
PYR + FLU	9,25 bcA	8,0 bA	11,0 bA	11,75 bA	9,5 bAA
CV (%)	52,6				
Fitointoxicação aos 7 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 bA	0,7 bA	0,5 bA	0,0 cA	1,2 bA
S-metolachlor	0,0 bA	1,5 bA	3,2 bA	2,5 cA	1,2 bA
Diclosulam	0,0 bA	3,0 bA	1,7 bA	0,0 cA	2,5 bA
Sulfentrazone	25,2 aA	21,5 aA	23,7 aA	23,7 aA	20,0 aA
SUL + Diuron	5,7 bA	0,5 bA	2,0 bA	1,7 cA	0,0 bA
PYR + FLU	4,0 bA	3,0 bA	6,5 bA	9,0 bA	5,0 bA
CV (%)	55,3				
Fitointoxicação aos 14 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
S-metolachlor	0,0 bA	0,0 bA	1,2 bA	0,0 bA	0,0 bA
Diclosulam	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
Sulfentrazone	19,0 aA	14,25 aC	17,5 aAB	16,0 aABC	14,7 aBC
SUL + Diuron	2,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
PYR + FLU	0,0 bA	0,0 bA	0,5 bA	2,7 bA	0,7 bA
CV (%)	52,9				
Fitointoxicação aos 34 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
S-metolachlor	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
Diclosulam	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
Sulfentrazone	11,2 aA	10,0 aA	11,2 aA	11,2 aA	11,2 aA
SUL + Diuron	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
PYR + FLU	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
CV (%)	47,1				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (PRÉ) e maiúscula na linha (PÓS) não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). SUL = sulfentrazone, PYR = pyroxasulfone, FLU = flumioxazin, G930 = glyphosate na dose de 930 g e.i. ha⁻¹, G1550 = glyphosate na dose de 1550 g e.a. ha⁻¹ e C = clethodim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Já Freitas et al. (2022) ao utilizar este herbicida em solo de textura média, com 20% de argila e pH 6,0, não observou sintoma visual de fitointoxicação, mesmo utilizando dose 20% superior ao utilizado neste experimento. Duas hipóteses para esta divergência de resultados podem ser levantadas, a primeira pode estar ligada à precipitação nos primeiros dias após a aplicação, uma vez que no presente trabalho a precipitação aos 7 DAE foi de 41mm, duas vezes maior do que no trabalho de Freitas et al (2022). Segundo Rossi et al. (2005) a eficiência de sulfentrazone aumenta com o teor de umidade no solo, sendo que apenas 30 mm de chuva após a semeadura foram suficiente para causar injúrias severas em plantas de sorgo. Já a segunda. Pode estar ligada ao pH, um vez que em ensaios conduzidos em área com textura semelhante a utilizadas neste experimento, não foram observadas fitointoxicação aos 30 DAA. Apesar de mesma textura há de se levar em consideração que o pH reduzido da área pode ter contribuído para elevação e persistência das injúrias, haja visto que a adsorção do sulfentrazone aos colóides tende a aumentar com a diminuição do pH aumentando a persistência deste herbicida no solo (GREY et al. 1997). Ademais, na área experimental não havia nenhuma cobertura com palhada, o que contribui com a lixiviação do herbicida para o solo (RODRIGUES et al. 1999). Os tratamentos aplicados em pós-emergência não demonstram qualquer injúria na cultura da soja.

Para o controle do capim-arroz, ao zero DAAPE todos os tratamentos apresentaram controle satisfatório variando de 82,5% a 100% (Tabela 4). Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, o controle com sulfentrazone foi o que apresentou maior constância nos resultados com eficiência variando de 97,5% a 100%. Resultado semelhante ao encontrado por Freitas et al (2022), que dentre os herbicidas avaliados também apontou o sulfentrazone como o de melhor eficiência, apresentando controle superior a 95% aos 28 DAE. Vale lembrar que este herbicida foi utilizado na dose próxima a máxima recomendada para a cultura e segundo Walsh et al. (2015) a elevação da dose de sulfentrazone aumenta o controle das plantas daninhas, independente da espécie.

Aos 7 DAAPE observou-se que todos os tratamentos onde foram utilizados herbicidas em pré-emergência a eficiência de controle foi superior aos tratamentos que receberam aplicação exclusivamente em pós-emergência, não havendo diferença entre os herbicidas. Para Osipe et al. (2011) a utilização de herbicidas com atividade residual em aplicação no sistema plante e aplique foi o suficiente garantir o fechamento das entrelinhas da cultura da soja sem a necessidade da aplicação em pós-emergência. A única condição que a aplicação em pós-emergência se assemelhou às demais, foi na associação de glyphosate na dose de 1550 g e.a.

ha⁻¹ + clethodim nesta mistura o controle se assemelhou aos demais tratamentos que conciliaram pré + pós-emergência (Tabela 4). Considerando que a mesma dose de clethodim foi utilizada tanto na associação com glyphosate na dose de 930 g e.a. ha⁻¹ quanto na dose de 1550 g i.a. ha⁻¹, supõe-se que tal controle esteja ligado ao aumento da dose do glyphosate, haja visto que em ensaios à campo e em casa de vegetação, Christoffoleti e Lopez-Ovejero (2003), demonstraram que a resistência do azevém ao glyphosate, por exemplo, não é absoluta, sendo que o aumento da dose é capaz de controlar estes biótipos. Porém, é fundamental tomar cuidado com o aumento das doses recomendadas de herbicidas, é necessário a otimização da dose, da época e do número de aplicações é fundamental para prevenir a resistência ((CHRISTOFFOLETI, P. J. & LÓPEZ-OVEJERO, R. 2003).

Aos 14 DAAPE em todos os tratamentos onde houve associação entre a aplicação em pré e pós-emergência os resultados de controle foram excelentes (>87%). Nos tratamentos onde não foram utilizados herbicidas em pós-emergência, o destaque ficou novamente para o sulfentrazone que, aplicado de forma isolada, ainda obteve o controle do capim-arroz superior a 98%. As aplicações isoladas de S-metolachlor e pyroxasulfone + flumioxazin apresentaram resultados semelhantes, vale destacar que tanto o S-metolachlor quanto o pyroxasulfone são herbicidas pertencentes ao mesmo grupo químico, portanto o espectro semelhante de controle era esperado (STAHLMAN et al., 2010). Já os herbicidas diclosulam e sulfentrazone + diuron tiveram desempenho inferior a 90% quando aplicados de forma isolada (Tabela 4).

Aos 34 DAAPE, apenas o sulfentrazone apresentou controle superior a 92% quando aplicado de forma isolado, mesmo herbicida que apresentou o maior nível de toxicidade à cultura, sendo assim é possível inferir que houve elevada disponibilidade do ativo no solo, haja visto que este processo pode ser afetado diretamente pelo pH e matéria orgânica do solo (PASSOS et al., 2013). Todos os demais tratamentos não complementados com a aplicação em pós-emergência apresentaram controle inferior a 90%, resultado semelhante às aplicações de glyphosate de forma isolada (Tabela 4). Apenas a associação de glyphosate + clethodim de forma isolada apresentaram controle superiores a 93%.

Na avaliação pré-colheita (111 DAAPE) observou-se que os herbicidas aplicados de forma isolada em pré-emergência não foram eficientes como única ferramenta de controle para o capim-arroz, sendo que todos os resultados foram inferiores à 80% (Tabela 4). O destaque negativo ficou para o sulfentrazone + diuron, que apresentou controle de apenas 42,2%. Todos os tratamentos realizados com a associação entre pré e pós-emergência apresentaram controle superiores à 90%. Resultados semelhantes foram encontrados por Morota et al. (2018), ao

avaliar o uso de herbicidas em pré-emergência para o controle de gramíneas em soja concluíram que o uso desta ferramenta, associados a aplicação em pós-emergência garantiu um controle de capim-amargoso resistente ao glyphosate superior a 82%. Apenas a mistura de glyphosate + clethodim apresentou controle superior a 90% entre os tratamentos aplicados exclusivamente em pós-emergência. Percentuais de controle similares foram encontrados por Melo et al. (2012), ao associar tanto o clethodim quanto outros herbicidas inibidores de ACCase ao glyphosate obtiveram controle de *Digitaria insularis* superior a 90%. Por outro lado, quando estes utilizaram o glyphosate de forma isolada o controle foi de apenas 65%. O efeito sinérgico desta mistura para o controle de gramíneas resistentes ao glyphosate também puderam ser atestadas por Barroso et al. (2014) e Gomes et al., (2017)

Tabela 4.- Controle de capim-arroz aos 0, 7, 14, 34 e 111 dias após a aplicação de pós-emergência. Turvo, SC, 2021/2022.

Controle de capim-arroz aos zero DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bA
S-metolachlor	99,0 aA	89,2 aA	87,0 aA	99,5 aA	85,5 aA
Diclosulam	93,0 aA	87,7 aA	83,2 aA	93,2 aA	92,7 aA
Sulfentrazone	99,5 aA	99,5 aA	97,5 aA	99,2 aA	100,0 aA
SUL + Diuron	88,25 aA	83,7 aA	82,5 aA	90,2 aA	87,2 aA
PYR + FLU	94,2 aA	93,7 aA	96,2 aA	98,7 aA	99,7 aA
CV (%)	12,3				
Controle de capim-arroz aos 7 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 bD	43,7 bC	75,0 bAB	67,5 Bb	89,2 aA
S-metolachlor	100,0 aA	90,2 aA	95,0 aA	100,0 aA	93,0 aA
Diclosulam	92,5 aA	93,2 aA	95,2 aA	100,0 aA	100,0 aA
Sulfentrazone	100,0 aA	100,0 aA	99,2 aA	100,0 aA	100,0 aA
SUL + Diuron	89,5 aA	94,0 aA	95,5 aA	98,2 aA	97,5 aA
PYR + FLU	95,0 aA	96,2 aA	99,0 aA	99,7 aA	100,0 aA
CV (%)	8,2				
Controle de capim-arroz aos 14 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 dC	67,5 cB	92,5 aA	93,75 aA	98,2 aA
S-metolachlor	97,0 abAB	87,5 bB	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
Diclosulam	87,0 bcB	97,5 abAB	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
Sulfentrazone	98,5 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
SUL + Diuron	81,2 cB	96,25 abA	100,0 aA	100,0 aA	99,5 aA
PYR + FLU	92,0 abcA	98,7 abA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
CV (%)	5,9				
Controle de capim-arroz aos 34 DAAPE					

Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 dC	75,0 bB	88,7 aAB	93,0 aA	95,0 aA
S-metolachlor	89,7 abA	98,7 aA	99,0 aA	99,5 aA	99,2 aA
Diclosulam	76,0 bcB	98,5 aA	93,7 aA	99,0 aA	98,5 aA
Sulfentrazone	92,7 aA	98,7 aA	100,0 aA	99,2 aA	99,7 aA
SUL + Diuron	61,2 cB	96,5 aA	98,2 aA	98,5 aA	97,2 aA
PYR + FLU	83,7 abB	99,2 aAB	97,7 aAB	99,2 aAB	100,0 aA
CV (%)	8,8				

Controle de capim-arroz aos 111 DAAPE (Pré-colheita)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 cC	68,7 bB	73,0 bB	90,0 aAB	99,5 aA
S-metolachlor	71,2 aB	99,2 aA	99,7 aA	96,0 aA	99,7 aA
Diclosulam	64,2 abB	100,0 aA	98,5 aA	99,2 aA	100,0 aA
Sulfentrazone	71,2 aB	97,0 aA	97,7 aA	99,5 aA	99,5 aA
SUL + Diuron	42,2 bB	90,5 abA	98,5 aA	98,7 aA	99,2 aA
PYR + FLU	79,2 aA	97,5 aA	98,2 aA	99,0 aA	98,2 aA
CV (%)	12,7				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (PRÉ) e maiúscula na linha (PÓS) não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

SUL = sulfentrazone, PYR = pyroxasulfone, FLU = flumioxazin, G930 = glyphosate na dose de 930 g e.a. ha⁻¹, G1550 = glyphosate na dose de 1550 g e.a. ha⁻¹ e C = clethodim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No controle de outras espécies foi possível observar a deficiência do S-metolachlor no controle das espécies da classe Magnoliopsida (folhas largas). Nas primeiras avaliações este tratamento diferiu dos demais apresentando controle inferior a 87% (Tabela 5). A baixa eficiência do S-metolachlor no controle de *Bidens pilosa* também foi observada por Brighenti (2019), que mesmo com utilização de doses superiores às aplicadas neste trabalho o autor não obteve controle satisfatório para esta espécie. A deficiência no controle de outras espécies persistiu por todo o período de avaliação, sendo que apenas na associação de S-metolachlor com os herbicidas de pós-emergência o controle se mostrou efetivo.

Na pré-colheita a dificuldade de controle de espécies de folha larga por parte do S-metolachlor ficou ainda mais evidente, pois a aplicação isolada deste herbicida apresentou controle de apenas 16% (Tabela 5). Em todas as associações de S-metolachlor com herbicidas de pós-emergência o controle das outras espécies não superou 67,5%. Apesar do manejo de plantas daninhas que utilizam associações de herbicidas que possuam atividade residual no solo poderem aumentar o controle (JAREMTCHUK et al., 2008), a baixa eficiência deste herbicida para estas espécies de folha larga, pode ter contribuído para os resultados encontrados. A utilização do clethodim não deve apresentar efeitos sobre estas espécies, haja visto que sua atuação ocorre apenas sobre as espécies da família Poaceae (gramíneas) (DÉLYE, 2005;

SASAKI et al, 1995). O controle então deveu-se basicamente através do glyphosate, porém este se trata de um herbicida sem atividade residual (CHRISTOFFOLETI et. al. 2003), o que pode ter contribuído para a emergência de novos fluxos de plantas daninhas e conseqüentemente o baixo controle destas espécies nesta associação. Os demais tratamentos foram efetivos com níveis de controle superiores à 87%.

Tabela 5 - Controle de outras espécies (*Oryza sativa* + *Ageratum conyzoides* L.+ *Spermacoce latifolia*) aos 0, 7, 14, 34 e 111 dias após a aplicação de pós-emergência. Turvo, SC, 2021/2022.

Controle de outras espécies aos zero DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 cA	0,0 cA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA
S-metolachlor	78,5 bA	74,5 bA	75,7 bA	83,7 bA	87,0 aA
Diclosulam	99,5 aA	98,7 aA	97,5 aA	100,0 aA	98,5 aA
Sulfentrazone	95,2 aA	95,2 aA	97,5 aA	98,5 abA	97,0 aA
SUL + Diuron	88,5 abA	90,0 abA	93,0 aA	94,0 abA	93,2 aA
PYR + FLU	100,0 aA	97,2 aA	97,2 aA	98,5 abA	96,2 aA
CV (%)	9,8				
Controle de outras espécies aos 7 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 cC	67,5 bB	90,5 aA	91,7 aA	89,2 aA
S-metolachlor	70,7 bB	90,0 aA	95,7 aA	100,0 aA	98,2 aA
Diclosulam	99,2 aA	95,0 aA	92,5 aA	100,0 aA	100,0 aA
Sulfentrazone	96,5 aA	100,0 aA	97,5 aA	100,0 aA	100,0 aA
SUL + Diuron	90,2 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA	99,7 aA
PYR + FLU	100,0 aA	99,2 aA	100,0 aA	99,7 aA	100,0 aA
CV (%)	6,7				
Controle de outras espécies aos 14 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 dB	95,7 abA	99,2 aA	97,7 aA	99,5 aA
S-metolachlor	75,0 cC	87,5 bB	100,0 aA	97,5 aA	100,0 aA
Diclosulam	94,5 abA	99,2 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
Sulfentrazone	93,2 abA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
SUL + Diuron	89,2 bB	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
PYR + FLU	99,7 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
CV (%)	4,5				
Controle de outras espécies aos 34 DAAPE					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 dB	80,0 bA	85,5 bA	79,5 bA	84,5 cA
S-metolachlor	61,2 cB	87,2 bA	89,2 abA	88,7 bA	85,7 cbA
Diclosulam	84,2 bB	98,2 aA	98,7 bA	99,5 aA	99,0 aA
Sulfentrazone	84,5 bB	97,2 aA	98,0 bA	98,2 aA	98,0 abA

SUL + Diuron	84,5 bB	96,0 aAB	97,7 abA	97,7 aA	98,2 abA
PYR + FLU	98,2 aA	98,5 aA	97,5 abA	99,2 aA	98,5 abA
CV (%)	7,16				
Controle de outras espécies aos 111 DAAPE (Pré-colheita)					
	Pós-emergência				
Pré-emergência	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 bB	33,7 cA	32,0 cA	31,7 bA	32,5 bA
S-metolachlor	16,2 bC	55,0 bAB	67,5 bA	50,7 bAB	47,0 bB
Diclosulam	98,7 aA	99,7 aA	99,5 aA	100,0 aA	99,5 aA
Sulfentrazone	88,5 aA	99,2 aA	99,2 aA	99,7 aA	98,0 aA
SUL + Diuron	95,0 aA	91,2 aA	96,0 aA	96,7 aA	98,2 aA
PYR + FLU	87,5 aA	88,0 aA	91,7 aA	95,5 aA	96,2 aA
CV (%)	13,5				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (PRÉ) e maiúscula na linha (PÓS) não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

SUL = sulfentrazone, PYR = pyroxasulfone, FLU = flumioxazin, G930 = glyphosate na dose de 930 g i.a. ha⁻¹, G1550 = glyphosate na dose de 1550 g e.a. ha⁻¹ e C = clethodim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Os tratamentos com diclosulam e sulfentrazone + diuron, sem a complementação em pós-emergência, apresentaram o pior desempenho em capim-arroz, com densidade de plantas superior a 35 plantas m⁻² (Tabela 6). No entanto, o destaque positivo no controle desta espécie ficou por conta dos tratamentos sulfentrazone e S-metolachlor, estes herbicidas quando utilizados de forma isolada ou com complementação em pós-emergência mantiveram a densidade de capim-arroz inferior a 5,5 plantas m⁻² (Tabela 6). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Freitas et al. (2022), que ao avaliar herbicidas de pré-emergência no controle de capim-arroz na cultura de soja em terras baixas também relataram a alta eficiência destes dois ativos para o controle desta planta daninha.

Para o controle de outras espécies, tanto a aplicação de pyroxasulfone + flumioxazin quanto a aplicação de sulfentrazone + diuron apresentaram as melhores eficiências de controle, com destaque para o tratamento de pyroxasulfone + flumioxazin que apresentou densidade populacional de apenas 5 plantas m⁻² quando aplicado de forma isolada. Nas demais associações com os herbicidas de pós-emergência apresentou densidade de plantas daninhas de outras espécies inferior a 7,5 plantas m⁻² (Tabela 6). Resultados semelhante, com excelente controle de espécies de folhas largas também foi observado por Ekeleme et. al (2021).

Na outra ponta da tabela está o S-metolachlor, este herbicida apresentou o pior desempenho no controle efetivo sobre as espécies Magnoliopsidas. Resultado semelhante ao encontrado por Brighnetti (2019) e Machado et al. (2016). Este herbicida, quando aplicado de forma isolada, diferiu apenas da testemunha, porém apresentando densidade populacional de espécies de folhas largas superior a 70 plantas m⁻². No entanto, quando realizada

complementação deste tratamento com a aplicação dos herbicidas de pós-emergência, os resultados não diferiram nem mesmo da testemunha, independente das associações de herbicidas utilizadas (Tabela 6). Tal resultado comprova a ineficiência deste ativo para estas espécies. Quando adicionadas as aplicações em pós-emergência há uma melhora no controle. Porém, este efeito deve-se a utilização do herbicida glyphosate, uma vez que sua associação à herbicidas de pré-emergência deve aumentar o controle das plantas daninhas na cultura da soja (JAREMTCHUK et al., 2008).

A altura de plantas sofreu redução apenas no tratamento testemunha, onde não houve o controle das plantas daninhas (Tabela 7). A exposição de plantas cultivadas a matointerferência frequentemente resulta em comprometimento no estabelecimento e crescimento inicial das culturas (ZACHARIAS et al., 2021). O peso de mil grãos praticamente não sofreu alterações por influência dos herbicidas utilizados, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 7). Este resultado era esperado uma vez que o PMG está mais ligado à cultivar do que à fatores externos.

Tabela 6. Densidade de capim-arroz, arroz-daninho, mentrasto e erva quente (plantas m⁻²) aos 34 dias após a aplicação de pós-emergência. Turvo, SC, 2021/2022.

Densidade de capim-arroz (plantas m ²)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	177,0 ¹ aA ²	52,5 aB	29,0 aCB	8,0 aCB	6,5 aC
S-metolachlor	5,5 bA	2,5 bA	3,0 abA	2,0 aA	2,0 aA
Diclosulam	38,5 bA	7,0 bAB	18,5 aAB	3,5 aB	2,5 aB
Sulfentrazone	2,0 bA	1,5 bA	0,0 bA	2,5 aA	1,0 aA
SUL + Diuron	35,5 bA	9,0 abA	4,0 abA	5,0 aA	11,5 aA
PYR + FLU	13,5 bA	2,0 bA	3,0 abA	2,0 aA	0,0 aA
CV (%)			73,65%		
Densidade de arroz-daninho, mentrasto e erva quente (plantas m ²)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	219,0 aA	45,5 aB	35,0 aB	56,5 aB	46,0 aB
S-metolachlor	72,0 bA	42,0 aA	37,5 aA	54,5 aA	58,5 aA
Diclosulam	26,5 cbA	13,5 abAB	3,5 bB	1,5 bB	1,5 bB
Sulfentrazone	24,5 cbA	3,0 bAB	2,0 bB	3,0 bAB	7,5 bAB
SUL + Diuron	20,0 cA	8,5 bA	5,5 abA	6,5 bA	7,0 bA
PYR + FLU	5,0 cA	4,0 bA	6,0 abA	1,5 bA	7,5 bA
CV (%)			46,20 %		

¹ Refere-se à dados Originais

² ANOVA e Tukey dos dados transformados

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (PRÉ) e maiúscula na linha (PÓS) não diferem pelo teste de Tukey (p>0,05).

SUL = sulfentrazone, PYR = pyroxasulfone, FLU = flumioxazin, G930 = glyphosate na dose de 930 g e.a. ha⁻¹, G1550 = glyphosate na dose de 1550 g e.a. ha⁻¹ e C = clethodim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O número de vagens por planta se manteve estável na maior parte dos tratamentos. Quando avaliados apenas os tratamentos de pré-emergência, o sulfentrazone + diuron teve o pior desempenho entre os herbicidas, apresentando resultado semelhante à testemunha com número de vagens por planta inferior a 60 (Tabela 7). Vale destacar que este herbicida também apresentou o pior desempenho no controle de capim arroz, sendo assim, é possível inferir que a matocompetição pode ter sido a principal responsável pela redução no número de vagens por planta. Em estudo realizado por Durigan et. al (1983) foi possível concluir que, o número de vagens por plantas foi o parâmetro de produção mais afetado pela competição com plantas daninhas na cultura da soja. Nos tratamentos de pós-emergência foi observado que as associações de glyphosate + clethodim diferiram significativamente da testemunha sem herbicida, além de apresentar média de vagens por planta superior aos tratamentos apenas glyphosate isolado (Tabela 7).

Na testemunha onde não foi realizado nenhum tipo de controle a alta infestação de plantas daninhas inviabilizou a colheita (Tabela 6). Para os tratamentos realizados apenas em pré-emergência, sem a associação com pós, a pior produtividade média foi encontrada no herbicida sulfentrazone + diuron, este apresentou produtividade de grãos inferior a 2.000 kg ha⁻¹ (Tabela 7). Nas associações com a menor dose de glyphosate, o destaque ficou com o herbicida S-metolachlor que apresentou produtividade média superior aos 4.500 kg ha⁻¹ (Tabela 7). Nos demais tratamentos todas as produtividades foram semelhantes. Assim como no trabalho de Andrade Junior et. al. (2018) foi possível observar que o uso de herbicidas em pré-emergência a fim de se diminuir a matointerferência no período crítico de prevenção à interferência é essencial para se atingir os maiores níveis de produtividade da cultura. Cabe destacar que apenas os tratamentos com sulfentrazone não apresentaram produtividade de grãos superior a 4.000 kg ha⁻¹, em nenhuma das associações (Tabela 7). Esse resultado pode ser reflexo da fitointoxicação persistente observada nos tratamentos com sulfentrazone, desta forma, pesquisas complementares com sulfentrazone em solos de várzea são necessárias para validar a seletividade dessa dose para este ambiente de produção.

Tabela 7 - Altura de plantas, número de vagens por plantas, peso de mil sementes e produtividade de grãos. Turvo, SC, 2021/2022.

Altura de plantas (cm)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	93,8 bB	124,3 aA	122,9 aA	122,0 aA	125,1 aA
S-metolachlor	123,2 aA	127,5 aA	125,6 aA	123,8 aA	129,3 aA
Diclosulam	127,7 aA	125,0 aA	126,7 aA	115,8 aA	130,6 aA
Sulfentrazone	116,9 aA	118,4 aA	122,5 aA	120,0 aA	122,7 aA
SUL + Diuron	127,7 aA	117,2 aA	119,3 aA	126,5 aA	128,4 aA
PYR + FLU	113,0 abA	118,6 aA	123,1 aA	117,4 aA	115,0 aA
CV (%)	8,2				
Vagens planta ⁻¹ (n)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	54,5 cB	81,1 aAB	83,8 aAB	86,0 aA	87,0 aA
S-metolachlor	77,7 abcA	81,0 aA	90,2 aA	86,6 aA	85,8 aA
Diclosulam	87,1 abA	85,5 aA	106,1 aA	83,0 aA	94,0 aA
Sulfentrazone	89,8 aA	98,3 aA	104,1 aA	97,2 aA	96,6 aA
SUL + Diuron	57,8 bcB	96,3 aA	103,3 aA	86,9 aAB	93,5 aA
PYR + FLU	88,0 abA	90,6 aA	94,9 aA	89,6 aA	73,5 aA
CV (%)	17,6				
Peso de mil sementes (g)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0,0 aB	127,7 aA	126,1 aA	124,8 aA	128,4 aA
S-metolachlor	117,9 aA	133,4 aA	127,8 aA	118,3 aA	124,0 aA
Diclosulam	127,5 aA	141,7 aA	130,1 aA	128,0 aA	123,5 aA
Sulfentrazone	119,6 aA	122,0 aA	119,7 aA	118,0 aA	117,5 aA
SUL + Diuron	118,5 aA	125,3 aA	123,7 aA	129,9 aA	134,3 aA
PYR + FLU	122,7 aA	126,5 aA	126,9 aA	114,0 aA	123,3 aA
CV (%)	8,6				
Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)					
Pré-emergência	Pós-emergência				
	Sem herbicida	G930	G1550	G930 + C	G1550 + C
Sem herbicida	0 cB	4428 abA	3810 aA	4139 aA	3521 aA
S-metolachlor	3216 aB	4500 aA	4007 aAB	3693 aAB	3925 aAB
Diclosulam	3159 aB	3450 bcAB	4060 aAB	4103 aAB	4136 aA
Sulfentrazone	3127 aA	3477 bcA	3691 aA	3730 aA	3603 aA
SUL + Diuron	1956 bC	3975 abcAB	3164 aB	4344 aA	4059 aAB
PYR + FLU	3333 aA	3383 cA	4013 aA	3699 aA	4107 aA
CV (%)	13,7				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (PRÉ) e maiúscula na linha (PÓS) não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

SUL = sulfentrazone, PYR = pyroxasulfone, FLU = flumioxazin, G930 = glyphosate na dose de 930 g e.a. ha⁻¹, G1550 = glyphosate na dose de 1550 g e.a. ha⁻¹ e C = clethodim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O alto número de plantas de capim-arroz por metro quadro apresentado na testemunha reflete o nível de infestação da área (Figura 14). A utilização de herbicidas em pré-emergência foi capaz de reduzir consideravelmente esta densidade. O uso de doses mais elevadas de glyphosate (1550 g e.a. ha⁻¹) foi capaz de melhorar a eficiência de controle, resultado semelhante foi encontrado por Christoffoleti e López-Ovejero (2003) no controle de azevém. Porém, nas associações com clethodim é que se observou os melhores níveis de controle, mesmo quando o glyphosate estava na menor dose (Tabela 7). Tal efeito sinérgico também foi relatado por Melo et. al. (2012), ao aumentar a eficiência de controle de *Digitaria insularis* quando associados estes dois ativos.

Padrão semelhante não foi encontrado no controle de outras espécies. Apesar da densidade destas plantas ter sido consideravelmente reduzida quando realizada aplicação em pós-emergência, o aumento na dose de glyphosate, associado ou não ao cletodim, não apresentou diferença significativa em relação a densidade de plantas (Tabela 7). Esse resultado deve-se a ineficiência dos inibidores de ACCase no controle das espécies magnoliopsidas (folhas largas)

Gubani et. al. (2021) também pode verificar a importância da complementação dos tratamentos com aplicação em pós emergência para controle de plantas daninhas emergidas findado o período residual dos herbicidas pré-emergentes utilizados.

Figura 14 – (A) Nível de infestação de capim-arroz nas parcelas de testemunha 120 DAS, (B) nível de infestação de capim-arroz nas parcelas testemunhas na pré-colheita.

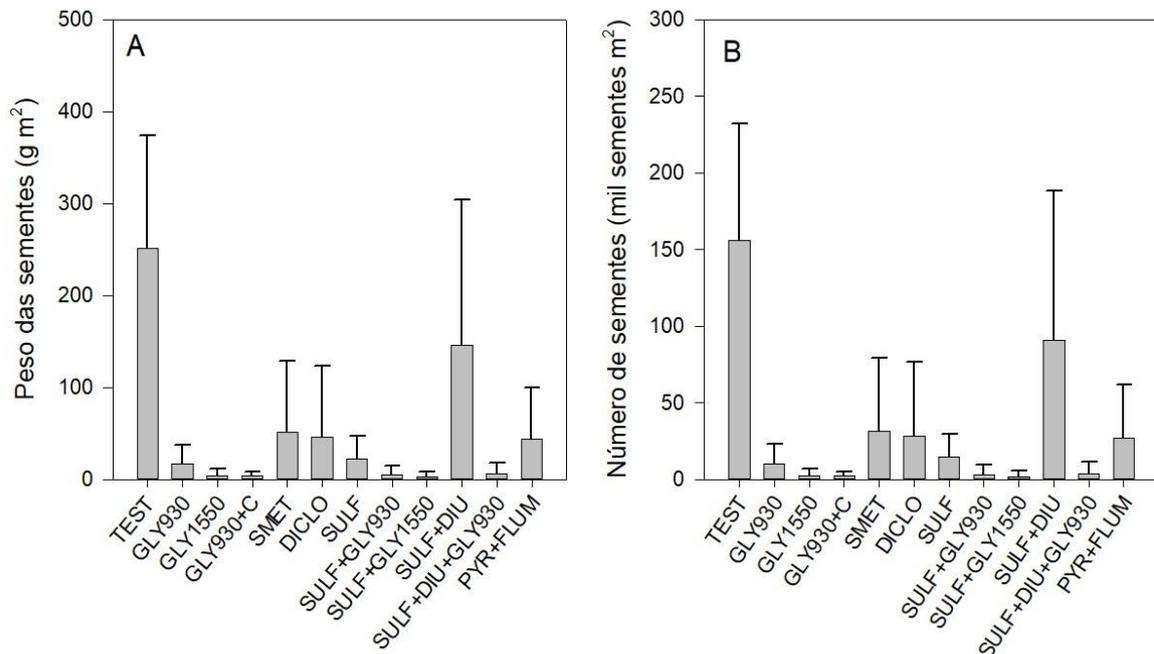


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Os tratamentos com S-metolachlor, diclosulam e pyroxasulfone + flumioxazin, quando associados à aplicação em pós-emergência não produziram sementes de capim arroz. Os tratamentos com sulfentrazone e sulfentrazone + diuron, produziram sementes de capim-arroz mesmo quando associados a pós-emergência (Figura 15). Em todos os tratamentos onde foi utilizado a maior dose de glyphosate + cletodim não se produziram sementes de capim-arroz. (Figura 15).

Nenhum dos tratamentos que utilizaram exclusivamente a aplicação em pré-emergência foi capaz de inibir a produção de sementes de capim-arroz. Tal resultado provavelmente se deve ao fato de o período residual do herbicida não ter sido capaz de controlar os novos fluxos de plantas daninhas que vieram a germinar após esta carência. O tratamento com destaque negativo ficou por conta de sulfentrazone + diuron, que na aplicação isolada apresentou resultados semelhantes à testemunha sem herbicidas (Figura 15), estudos mais detalhados com este herbicida são recomendados para se encontrar um melhor posicionamento de uso, ajustando doses e otimizando período residual e controle de plantas daninhas.

Figura 15 – peso de sementes de capim-arroz, em grama por metro quadrado (A) e número de sementes por metro quadrado (B). Apenas os tratamentos que produziram sementes de capim-arroz foram representados e as barras indicam o intervalo de confiança ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Desta forma, pode-se afirmar que a estratégia mais efetiva para a redução da infestação e da alimentação do banco de sementes de capim-arroz em solos de várzea é através da associação de herbicidas em pré e pós-emergência. Apesar de os efeitos residuais de alguns destes herbicidas apresentarem injúrias, os sintomas foram transitórios e não prejudicam a produtividade de grãos.

Vale ressaltar que a escolha do herbicida a ser aplicado em pré-emergência deve ser realizada em função das espécies daninhas a serem controladas e as doses definidas sempre em função da textura, matéria orgânica e pH, afim de reduzir problemas com falta de seletividade (PEREIRA et al. 2000; INOUE et al., 2008; FREITAS et al., 2014). Sendo assim estudos complementares com doses dos herbicidas sulfentrazone e sulfentrazone + diuron são recomendados para melhor ajuste de dose aos solos de várzeas do Sul de Santa Catarina.

A figura 16 apresenta de forma resumida os principais parâmetros de controle avaliados nesta pesquisa, resumindo de forma visual os resultados de fitointoxicação, controle de capim-arroz, produtividade e produção de sementes de capim-arroz. Esta figura ilustra que os herbicidas S-metolachlor, diclosulam e pyroxasulfone + flumioxazin promoveram baixa

fitointoxicação, elevado controle do capim-arroz, elevada produtividade e suprimiram a produção de sementes de capim-arroz, quando combinados com a aplicação de pós-emergência.

As cores indicam o nível de eficiência em cada uma das variáveis analisadas. Na variável fitointoxicação a cor amarela indica os tratamentos que apresentavam injúrias superiores a 10% aos 34 DAAPE, a cor verde indica os tratamentos que não apresentavam sintomas nesta avaliação. No controle de capim-arroz, a cor vermelha indica os tratamentos que apresentaram controle inferior a 80%, a cor amarela os tratamentos com controle entre 81% e 90% e a cor verde os tratamentos com controle superior a 91%. Na ilustração da produtividade, a cor vermelha foi utilizada para indicar os tratamentos que diferiram estatisticamente dos demais, com produtividade inferior a 2000 kg ha⁻¹, a cor verde indica a produtividade média dos demais tratamentos estatisticamente iguais e superiores à 3300 kg ha⁻¹. Para a produção de sementes a cor vermelha indica os tratamentos que produziram mais de 50 mil sementes m², a cor amarela indica os tratamentos que produziram sementes de capim-arroz, mas com produção inferior à 50 mil sementes m², já a cor verde indica os tratamentos que não produziram sementes de capim arroz.

Figura 16 – Resumo ilustrativo das variáveis fitointoxicação, controle de capim-arroz, produtividade e produção de sementes de capim arroz.

	Sem Herbicida			G930			G1550			G930 + CLE			G1550 + CLE		
	Fito-intoxicação	Controle CA	Prod. Sementes												
Sem herbicida	Verde	Vermelho	Vermelho	Verde	Vermelho	Verde	Amarelo	Verde	Vermelho	Verde	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde
S-metolachlor	Verde	Vermelho	Vermelho	Verde	Verde	Verde									
Diclosulam	Verde	Vermelho	Vermelho	Verde	Verde	Verde									
Sulfentrazone	Amarelo	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde									
SUL + Diuron	Verde	Vermelho	Amarelo	Vermelho	Verde	Verde	Amarelo	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
PYR + FLU	Verde	Vermelho	Verde	Vermelho	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

CA= capim-arroz, SUL = sulfentrazone, PYR = pyroxasulfone, FLU = flumioxazin, G930 = glyphosate na dose de 930 g e.a. ha⁻¹, G1550 = glyphosate na dose de 1550 g e.a. ha⁻¹ e C = clethodim.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Desta forma é possível finalizar de forma ilustrada quais os principais resultados desta pesquisa, tornando visível a importância do uso da soja e da utilização de forma sequencial dos herbicidas de pré e pós-emergência no controle do capim da arroz e a diminuição da alimentação

do banco de sementes na lavoura bem como os possíveis efeitos deste controle na produtividade da soja.

5 CONCLUSÃO

O herbicida sulfentrazone apresentou elevada fitointoxicação, bem como as menores de produtividade de grãos da soja.

Para o controle de espécies da classe Magnoliopsida (folhas largas) o herbicida S-metolachlor foi ineficiente, mesmo quando associado às aplicações em pós-emergência. Porém, mesmo nos tratamentos onde houve baixo controle destas espécies a produtividade da soja não foi prejudicada. Por outro lado, a deficiência no controle do capim-arroz resultou em elevada interferência o que contribuiu para a redução significativa da produtividade de grãos da soja cultivada em solos de várzea, comprovando a necessidade do controle efetivo desta espécie.

Os herbicidas S-metolachlor, diclosulam e pyroxasulfone + flumioxazin quando associados às aplicações de pós-emergência, mesmo que na menor dose de glyphosate, apresentaram o melhor controle de capim-arroz, além de inibir a sua produção de sementes. Esta estratégia apresentou-se como a mais seletiva e eficiente para a reduzir a infestação e a alimentação do banco de sementes com capim-arroz em solos de várzea

Nos tratamentos onde não foram utilizados herbicidas em pré-emergência, apenas a associação da maior dose de glyphosate (1550 g e.a. ha⁻¹) com cletodim (108 g ha⁻¹) foi capaz de reduzir a zero a produção de sementes de capim arroz.

Sendo assim, é possível concluir que a rotação de soja/arroz em solos de várzea se torna uma importante ferramenta para o manejo de plantas daninhas. Pois permite não só a rotação de manejo, contribuindo inclusive para uma melhora na estrutura do solo, como a rotação de herbicidas de mecanismos de ação distintos, capazes de alcançar controles tão elevados a ponto de zerar a produção de sementes de plantas daninhas, diminuindo a reinfestação das áreas, aumentando a eficiência de controle e consequentemente a produtividade, gerando assim mais rentabilidade ao produtor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. et al. Recomendações técnicas para a produção de arroz irrigado em sistema orgânico em Santa Catarina. **Sistemas de Produção**, p. 37-37, 2015.

ANDRADE JUNIOR, E. J.; et al.; Controle residual de capim amargoso na soja cultivada em região de Cerrado. **Científic@ Multidisciplinary Journal**, 5(3), 48-55, 2018.

AGOSTINETTO, D.; et al. Interferência de campi-arroz (*Echinochloa spp.*) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 689-696, 2007.

ALVARENGA, R. C.; et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p.25-36, 2001.

ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 17, p. 375-386, 1999.

AVILA, L. A. Avanços e problemas das práticas de manejo de arroz aplicado ao controle de arroz vermelho. In: **II SEMINÁRIO LATINO AMERICANO SOBRE ARROZ VERMELHO**, 2, 2013, Porto Alegre: IRGA: UFRGS, 2013. P. 31-32.

AVILA, L. A.; et al. Evolução do banco de sementes de arroz vermelho em diferentes sistemas de utilização do solo de várzeas. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 217-230, 2000.

BARROSO, A. A. M. et al. Interação entre herbicidas inibidores da accase e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, , v. 32, n. 3, p. 619-627, 2014.

BARROSO, A. A. M; MURATA, A. T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas** - Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 547 p. 2021.

BEUTLER, A.N. & CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39:581-588, 2004.

BLASER, H., SPINDLER, F. **Catálise enantiosseletiva para agroquímicos. Os históricos de casos de (S)-metolaclo, (R)-metalaxil e clozilacon**. Tópicos em Catalysis 4 , 275–282 (1997). <https://doi.org/10.1023/A:1019164928084>

BORTOLY, E. D.; et al. Identificação de espécies do gênero *Echinochloa* através de descritores morfológicos e moleculares. Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p.856-859. 2015.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília-DF, ano CXCI, 06 de agosto de 2003.

CECHIN, J. et al. Mutation of Trp-574-Leu ALS gene confers resistance of radish biotypes to iodosulfuron and imazethapyr herbicides. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, n. 3, p. 299, 2017.

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, set. 2003.

COLLINS, K. B.; MCNIEL, R. E.; WESTON, L. A. Evaluation of sulfentrazone for weed control and phytotoxicity in field-grown landscape plants. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 189-194, 2001.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília, v.9 – Safra 2021/22, n.9 - Nono levantamento, p. 1-98, junho 2022., Brasília: Conab, 202. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em 05 nov. 2022.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Nono levantamento, junho 2013 – safra 2012/2013. : Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2013.

CONCENÇO, G.; et al. Statistical approaches in weed research: choosing wisely. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.1, p.45-58, 2018.

CONCENÇO, G.; et al. Caracterização da flora de plantas daninhas em áreas de arroz sob diferentes sistemas de cultivo e manejo de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

CORADINI, M. C.; et al. Controle de Caruru (*AMARANTHUS HYBRIDUS*) com o uso de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja (*GLYCINE MAX L.*). In: Anais do IV Congresso Online para Aumento da Produtividade de Milho e Soja - COMSOJA. Anais...Santa Maria(RS) Mais Soja, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/4comsoja/395792-controle->

de-caruru-(amaranthus-hybridus)-com-o-uso-de-herbicidas-pre-emergentes-na-cultura-da-soja-(glycine-max-l/. Acesso em: 16/12/2022

CORTEZ, M. G. **Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase**. 2000. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

COUNCE, P.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p. 436-443, 2000. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>

COSTA, L. O. et al. Target-site resistance and cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides in radish and wild radish biotypes from Brazil. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 1, p. 236-249, 2021

DÉLYE, C. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: An update. **Weed Science**, v. 53, n. 5, p. 728-746, 2005.

DOMINGUES, F. Entenda o que é o glifosato, o agrotóxico mais vendido do mundo. **G1**, 26, mai 2019 Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/05/26/entenda-o-que-e-o-glifosato-o-agrotoxico-mais-vendido-do-mundo.ghtml> Acesso em 12, dez. 2022

DURIGAN, J. C. et al.. Períodos de matocompetição na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivares Santa Rosa e IAC-2. I- efeitos sobre os parâmetros de produção. **Planta Daninha**, v. 6, n. 2, p. 86–100, dez. 1983.

EBERHARDT, D. S.; et al. Manejo de marrecos-de-pequim (*Ana* sp) no controle de arroz-vermelho (*Oryza sativa*). In: Congresso Brasileiro de Arroz, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: Epagri, 2003. p. 555-557.

EBERHARDT, D.S.; OLIVEIRA NETO A.M.; NOLDIN J.A.; VANTI R.M. Barnyardgrass with multiple resistance to synthetic auxin, ALS and ACCase inhibitors. **Planta Daninha**, v.34, n.4, p. 823-832, 2016.

EBERHARDT, D.S.; SCHIOCCHET, M.A. (Orgs.). **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado)**. Florianópolis: Epagri, 2015. 92p.

Ekeleme, F., et al.: Increasing cassava root yield on farmers' fields in Nigeria through appropriate weed management. **Crop Protection** 150, 105810 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105810>

EMBRAPA. **Cronologia do embargo judicial**. 2003. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Cronologia_do_Embargo_Judicial_da_Soja_Transg%EAAnica.pdf/a6c56275-aaf6-496f-b3c5-2670491ae0e6. Acesso 27 de junho de 2021.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2022. 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line)

FERREIRA, F.G. Responsabilidade do uso de sementes de arroz: do controle preventivo a causa da dispersão do problema. In: **II SEMINÁRIO LATINO AMERICANO SOBRE ARROZ VERMELHO**, 2, 2013, Porto Alegre: IRGA: UFRGS, 2013. P. 31-32.

FMC QUÍMICA DO BRASIL LTDA. STONE. Disponível em: <https://fmcagricola.com.br/Content/Fotos/Bula%20-%20Stone.pdf> . Acesso em: 11 dezembro de 2022.

FONTANA, D. C.; et al. NDVI E ALGUNS FATORES DE VARIABILIDADE. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Abr. 2019.

FUKAO T, Xu K, RONALD PC, BAILEY-SERRES J. A variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. **Plant Cell**. 2006 Aug;18(8):2021-2034. doi: 10.1105/tpc.106.043000. Epub 2006 Jun 30. PMID: 16816135; PMCID: PMC1533987.

FRANCO, D. F.; DE MAGALHAES JUNIOR, A. M. Sistema de transplante de mudas de arroz irrigado. 2011.

FREITAS, M.A.M.; et al. Sorção do sulfentrazone em diferentes tipos de solo determinada por bioensaios. **Planta Daninha**, Viçosa, v.32,n. 2,p. 385-392,2014.

FREITAS, K.; et al. Herbicidas pré-emergentes no controle de capim arroz e ciperáceas na cultura da soja de terras baixas. **Enciclopedia biosfera**, [S. l.], v. 19, n. 40, 2022. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5475>. Acesso em: 19 jan. 2023.

FURLANI JUNIOR, E.; et al. Manejo da água e utilização de oxyfluorfen no controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado no sistema pré-germinado **Bragantia**. v. 56, n. 2, p. 357-366, 1997.

GAZOLA, T.; et al. Efeitos do diclosulam na soja cultivada em solos de diferentes classes texturais. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 353-361, dez. 2016. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/483>>. Acesso em: 11 dez. 2022. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v15i4.483>.

GOMES, A. da S.; et al. **Rotação de culturas em áreas de várzea e plantio direto de arroz.. Rotação de culturas em área de várzea e plantio direto de arroz - Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 65 p. Embrapa Clima Temperado. Documentos 89, 2002.

GOMES, L. J. P. et al. Chemical Control and Morphoanatomical Analysis of Leaves of Different Populations of Sourgrass. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1–11, 2017.

GOULART, F. A. P.; et al. Rotação de culturas e preparo do solo sobre o banco de sementes de plantas daninhas em terras baixas. **Rev. Bras. Herb.**, v. 18, n. 4, e. 680, 2019.

GREY, T. L.; et al. Sulfentrazone adsorption and mobility as affected by soil and pH. **Weed science**, v. 45, n. 5, p. 733-738, 1997.

GUBIANI, J. E.; et al. Seletividade e controle de plantas daninhas da mistura formulada de sulfentrazone + diuron na cultura da soja / Selectivity and weed control from the formulated mixture of sulfentrazone + diuron in soybean. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 63320–63333, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-623. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31920>. Acesso em: 16 dec. 2022.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. 2020. Disponível em: <http://www.weedscience.com/Details/Case.aspx?ResistID=19211>. Acesso em: 27 jun. 2021.

HEAP, I. **The international herbicide-resistant weed database**. 2022. Disponível em: <http://www.weedscience.org/Home.aspx#:~:text=Weeds%20have%20evolved%20resistance%20to,cases%20of%20herbicide%20resistant%20weeds>. Acesso em: 11 dez. 2022.

INOUE, M. H. et al. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, supl, p. 631-638, 2008.

IRGA - **Boletim De Resultados Da Safra 2021/22 Em Terras Baixas: Arroz Irrigado E Soja**. Rio Grande do Sul, 2022. 19 p.

IHARABRAS S.A. INDÚSTRIAS QUÍMICAS. KYOJIN Disponível em: <https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/96/2021/07/kyojin-bula-3104568-2.pdf>. Acesso em: 11 dezembro de 2022.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA Soja 6000 : manejo para alta produtividade em terras baixas. - 2. ed., rev., atual. - Porto Alegre: Gráfica e Editora RJR, 96 p 2018

KARAM, D.; et al. **Características do Herbicida S-Metolachlor nas Culturas de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, MG: Milho e Sorgo, 2003. 3p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 36).

KASPARY T. E.; ROMA-BURGOS N, MEROTTO, A. Jr. Snorkeling Strategy: Tolerance to Flooding in Rice and Potential Application for Weed Management. **Genes (Basel)**. 2020 Aug 22;11(9):975. doi: 10.3390/genes11090975. PMID: 32842571; PMCID: PMC7564916.

KUVA, M.A.; SALGADO, T.P.; REVOREDO, T.T.O. Experimentos de eficiência e praticabilidade agrônômica com herbicidas. In: MONQUERO, P.A. **Experimentação com herbicidas**. São Carlos: Rima, 2016. p. 75-98.

LIEBL, R. Cell growth inhibitors (cloroacetamides, cabomothioates, napropamide, ensulide). In: LIEBL, R. **Herbicide action**. West Lafayette: Purdue University, 1995. v. 1. p. 200-224.

LINGENFELTER, D. D.; CURRAN, W. S. Effect of glyphosate and several ACCase-inhibitor herbicides on Wirestem Muhly (*Muhlenbergia frondosa*) control. **Weed Technology**, v. 21, n. 3, p. 732-738, 2007.

MACHADO, Fellipe Goulart et al. Performance de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 281-289, set. 2016. ISSN 2236-1065.

MAGALHÃES, A. M. J.; GOMES, A. S.; SANTOS, A. B. Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil: Pragas do arroz irrigado. **Embrapa Clima Temperado**, 2005.

MAGALDI, M. C. de S.; FONSECA, J. R. Boas práticas para produção de sementes. In: BARRIGOSI, J. A. F. (Ed.). **Recomendações técnicas para a cultura de arroz irrigado no Mato**

Grosso do Sul. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2009. p. 48-54. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 235).

MARCHESAN, E. Desafios e perspectivas de rotação e/ou sucessão de soja em áreas de arroz. Anais do VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. **Anais...In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**. Santa Maria: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013.

MARCHESAN, E.; et al. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, v. 47, n. 11, e20161102, 2017.

MARCHEZAN, E. Arroz vermelho: caracterização, prejuízo e controle. **Ciência Rural**, v. 24, n. 2, p. 415 - 421, 1994.

MASSONI, P.F.S.; et al. Influência de manejos pós-colheita do arroz irrigado sobre o banco de sementes de arroz vermelho. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 89-98, 2013.

MARTINS, G.N.; et al. Taxa de utilização e qualidade da semente de arroz irrigado utilizada em Santa Catarina. X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Anais, Gramado, 2017.

MATTE, W. D.; et al. Controle de capim-amargoso após a aplicação de herbicidas em pré-emergência em solo com níveis crescentes de palhada de soja e milho. **Weed Control J**, v. 20, e202100729, dez. 2021.

MELO, M. S. C. de et al. Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 195-203, ago. 2012. ISSN 2236-1065.

MELLO H. M. G. A. **Exploração do residual de flumioxazina por meio de doses e associações a outros herbicidas em pré-emergência na soja**. 2020. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2020

MENDES, F. F.; DA SILVA, A. A. **Plantas daninhas: herbicidas**. 2 ed. São Paulo, Oficina de textos, 2022. 200 p.

MENEZES, V.G.; et al. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**, v.27 p. 1047-1052, 2009.

MEROTTO JR., A., BREDEMEIER, C.; VIDAL, R.A. Reflectance indices as a diagnostic tool for weed control performed by multipurpose equipment in precision agriculture. **Planta Daninha**, v. 30, n. Planta daninha, 2012 30(2), 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000200024>

MORAES, P.V.D.; et al. Competitividade relativa de soja com arroz vermelho **Planta Daninha** v.27, n.1 p. 35-40, 2009.

MOROTA, F. K. et al. Sistemas de manejo de plantas daninhas utilizando o novo herbicida pyroxasulfone visando ao controle químico de gramíneas em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. e584 (1-10), jun. 2018. ISSN 2236-1065.

MOSER, H.; RIHS, G.; SAUTER, H. P.; BÖHNER, B. Atropisomerism, chiral center and activity of metolachlor. In: MIYAMOTO, J.; KEARNEY, P. C.; DOYLE P.; FUJITA, T. **IUPAC Pesticide Chemistry: human welfare and environment**. Oxford: Pergamon Press, 1983, p. 315-320.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348 p.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismo de Ação de Herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 141-192.

OLIVEIRA NETO, A. A. Companhia Nacional de Abastecimento. A cultura do arroz. – Brasília: **Conab**, 2015. 180 p. Disponível também em: <http://www.conab.gov.br>

OVEJERO, R. F.; BELCHIOR, G. G.; MAYMONE, G. P. L. Resistência de Plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase (grupo A). In: CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. cap. 5, p.77-98.

PASSOS, A. B. R.J.; et al. Sorption and desorption of sulfentrazone in Brazilian soils. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 48, n. 8, p. 646-650, 2013 DOI: 10.1080/03601234.2013.777313

PERALTA OGOREK, L.; STRIKER, G.G.; MOLLARD, F.P.O. *Echinochloa Crus-Galli* Seed Physiological Dormancy and Germination Responses to Hypoxic Floodwaters. **Plant Biol.** 2019, 21, 1159–1166.

PEREIRA, F. A. R.; et al. Seletividade de sulfentrazone em cultivares de soja e efeitos residuais sobre culturas sucessivas, em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 219-224, dez. 2000. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/338>>. Acesso em: 11 dez. 2022. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v1i3.338>.

SARTORI, G. M. S. et al.. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 492–498, mar. 2016.

QUEVEDO, M. **Estimativa dos ganhos econômicos com a rotação do arroz com a soja em Terras Baixas**. 2020. 109f. Tese (Mestrado), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

RODRIGUES, B. N. et al.. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 445-458, set. 1999.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 7 ed. Londrina: Graf marke, 2018. 697p.

ROMAN, E. S.; et al. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Berthier, 2007. 159 p.

ROSSI, C.V. S.; et al. Mobilidade do sulfentrazone no perfil de classes de solos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 65-77, abr. 2005. ISSN 2236-1065. Disponível em: <<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/11/38>>. Acesso em: 19 jan. 2023. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v4i1.11>.

RUBIN, R. S.; et al. Resistência de biótipos de arroz-vermelho aos herbicidas imazapyr + imazapic e alternativas de controle. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 660–667, out. 2014.

SACCOL, A. V.; et al. Competição do capim-arroz com a soja cultivada em solos hidromórficos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 7, p. 807-812, 1993.

SANCHOTENE, D. M.; et al. Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Perspectiva Erechim**, v. 41, p. 07-15, 2016.

SANTOS H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p

SASAKI, Y. et al. The compartmentation of acetyl-coenzyme A carboxylase in plants. **Plant Physiology**, v. 108, n. 2, p. 445-449, 1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Palloti, 2016. 376 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha: SOSBAI, 2018. 10 p.a: SOSBAI, 2018. 205 p.

STAHLMAN, P.W.; et al. Pyroxasulfone (KIH-485) for weed control in sunflower. In: Australian Summer Grains Conference, 1., 2010, Ashmore. **Proceedings...** Ashmore: ASGC, 2010. p.1-7

TAYLOR-LOVELL, S.; WAX, L. M.; NELSON, R. Phytotoxic response and yield of soybean (*Glycine max*) varieties treated with sulfentrazone or flumioxazin. **Weed Technology**, v. 15, n. 1, p. 95-102, 2001.

UTUMI, M. M. **Sistema de produção de arroz de terras altas**. 4. ed. Porto Velho, RO: Embrapa. Rondônia, 2008. 33 p

WALSH, M. J.; et al. The potential for pyroxasulfone to selectively control resistant and susceptible rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) biotypes in Australian grain crop production systems. **Weed Technology**, v. 25, n. 1, p. 30-37, 2011.

WALSH, K. D.; et al. Biologically effective rate of sulfentrazone applied pre-emergence in soybean. **Canadian journal of plant science**, v. 95, n. 2, p. 339-344, 2015.

ZACHARIAS, W. L. F. T.; et al. Weed control and soybean agronomic performance in response to application of sulfentrazone + diuron in pre-emergence. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 70–82, 2021. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3886>. Acesso em: 22 jan. 2023.

ZEMOLIN, C. R.; et al. Red rice control and soybean tolerance to s-metolachlor in association with glyphosate. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p. 2040-2047, 2014.