

Eficiência de produtos utilizados na recuperação de plantas de milho submetida à deriva de Diquat

Eduardo Schröder Marcolin^{1,*}; Augustinho Borsoi¹

¹ Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

* eduardomarcolin.pi@hotmail.com

Resumo: A utilização inadequada de agentes químicos pode desencadear fitotoxidade e causar danos severos às culturas agrícolas. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo identificar tratamentos capazes de reverter os efeitos nocivos do herbicida Diquat na cultura do milho. O experimento foi conduzido em Catanduvas, Paraná, em uma área de milho, semeada em 12 de fevereiro de 2024 e colhida em 6 de julho do mesmo ano. O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados, com 20 parcelas, incluindo 4 tratamentos e 1 grupo de testemunhas. Os tratamentos consistiram em: T1 – Testemunha; T2 – Formulação da fazenda; T3 – Extrato de algas *Ascophyllum nodosum*; e T4 – Mix foliar comercial. Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, produtividade, diâmetro de colmo e massa de mil grãos. A análise estatística revelou que os tratamentos influenciaram significativamente a altura das plantas e a produtividade, com destaque para o extrato de algas *Ascophyllum nodosum*, que obteve a maior produtividade e diâmetro de colmo. No entanto, não houve efeito significativo na massa de mil grãos. Esses resultados indicam que o uso de bioestimulantes pode ajudar a mitigar os efeitos fitotóxicos do herbicida Diquat, com variação conforme a variável analisada.

Palavras-chave: Fitotoxidade; Recuperação; Injúria; Herbicida; Reversão.

Efficiency of products used in the recovery of the maize plant subjected to drift by Diquat

Abstract: The improper use of chemical agents can lead to phytotoxicity and cause severe damage to agricultural crops. In this context, the study aimed to identify treatments capable of reversing the harmful effects of the herbicide Diquat on corn plants. The experiment was conducted in Catanduvas, Paraná, in a corn field planted on February 12, 2024, and harvested on July 6 of the same year. The statistical design adopted was a randomized block design, with 20 plots, including 4 treatments and 1 control group. The treatments consisted of: T1 – Control group; T2 – Homemade farm formulation; T3 – *Ascophyllum nodosum* algae extract; and T4 – Commercial foliar mix. The parameters evaluated were: plant height, productivity, stalk diameter, and thousand-grain weight. Statistical analysis revealed that the treatments significantly influenced plant height and productivity, with the *Ascophyllum nodosum* algae extract showing the highest productivity and stalk diameter. However, no significant effects were observed on thousand-grain weight. These results indicate that the use of biostimulants can help mitigate the phytotoxic effects of the herbicide Diquat, with variations depending on the variable analyzed.

Keywords: Phytotoxicity; Recovery; Injury; Herbicide; Reversion.

Introdução

O milho destacou-se no cenário Brasileiro, como o segundo cereal mais produzido no país. Logo, a produção estimada durante a safra de 2023/2024 do cereal no Brasil, atingiu a marca de 113,7 milhões de toneladas (RODRIGUES, 2024). Ademais, além da importância econômica deste grão dentro do âmbito agrícola, o mesmo destaca-se pela diversidade de utilizações. Assim sendo, este não é produzido visando apenas a alimentação de seres humanos e animais, mas também a produção de produtos e derivados de diversas áreas, como bebidas, materiais plásticos e combustíveis (MIRANDA, 2018).

O desempenho e as altas produtividades buscadas dentro da cultura do milho, estão fortemente interligadas pelas práticas de manejo realizadas, iniciando pela plantabilidade, como também um eficaz controle de pragas, doenças e plantas invasoras. Quando nos referimos a plantas daninhas dentro do milho, principalmente nos períodos iniciais da cultura, podemos afirmar que estas podem acarretar a perdas de rendimento consideravelmente altas. Estes problemas podem ser visualizados durante a colheita do grão, com plantas que atrasam a colheita, como por exemplo a Corda de Viola - *Ipomoea triloba* -, bem como quando existem plantas portadoras de patógenos, pragas e doenças (BALBINOT JUNIOR e FLECK, 2005). Para além disso, perante a presença de plantas invasoras dentro da cultura, temos a problemática de competição por água, luz e nutrientes, prejudicando diretamente a produtividade do milho, chegando a casos de até 70 % de perdas (KOZLOWSKI, 2002).

Nesse sentido, a fim de mitigar esta problemática dentro do milho, a utilização do controle químico destaca-se como a abordagem mais eficiente e amplamente adotada, visando o controle de plantas daninhas (KARAM e GAMA, 2008). Corroborando com tal afirmação, Carvalho *et al.* (2022) citam que a utilização de herbicidas oferece vantagens aos agricultores, incluindo a antecipação da preparação do solo para o plantio de culturas sucessoras, a antecipação de colheita quando necessário, como também a uniformidade de grãos para a colheita.

Porém, mesmo que existam diversos benefícios e facilidades provenientes da utilização de herbicidas dentro das culturas agrícolas, a utilização inadequada desta ferramenta pode resultar em consequências adversas e significativas dentro da lavoura, sendo a fitotoxicidade a principal destas (BALBINOT JUNIOR e FLECK, 2005). Um exemplo prático de fitotoxicidade observado em áreas comerciais de milho, são provenientes da má utilização do herbicida Diquat, pois este é caracterizado como um herbicida inibidor do Fotossistema I, no qual tem seu mecanismo de ação por meio do contato com a planta, onde é absorvido rapidamente, e interfere de maneira direta na fotossíntese das plantas, resultando na destruição dos tecidos

vegetais, destacando-se pela sua tendência a volatilizar e causar dispersão, levando à fitointoxicação de culturas não destinadas ao seu contato, como por exemplo o milho (ROMAN *et al.*, 2005). Outrossim, classificado como um herbicida não seletivo, o Diquat tem a capacidade de controlar uma ampla variedade de plantas daninhas, sem distinguir entre as culturas desejadas e as indesejadas (ROMAN *et al.*, 2005).

Ainda, fatos os quais facilitam e possibilitam a dispersão inadequada do Diquat, são aplicações realizadas em momentos inadequados, com condições de temperatura, vento e horários não recomendados, além da má higienização dos tanques de aplicação (CARVALHO *et al.*, 2022). Consequentemente, quando nos referimos ao milho de segunda safra no Brasil, este acaba por ser uma das culturas mais prejudicadas pela problemática da fitotoxicidade. Por ser uma cultura subsequente à soja, esta torna-se um alvo direto, pois ao mesmo tempo que lavouras estão em início de desenvolvimento, lavouras vizinhas encontram-se em ponto de dessecação, propiciando situações de derivas e fitotoxidades.

Desta forma, a busca por metodologias, como também abordagens as quais sejam eficazes na recuperação de áreas de milho afetadas por fitotoxicidade decorrentes do Diquat, tornam-se necessárias, visando a diminuição de perdas e prejuízos dos produtores agrícolas. Visando minimizar esta problemática, a utilização de fertilizantes foliares e aminoácidos podem ser adotadas nestas situações. Corroborando com esta afirmação, Silva *et al.* (2010), cita que a utilização de nitrogênio, potássio e aminoácidos podem promover uma recuperação visível em lavouras de milho afetadas por fitotoxicidade de herbicidas.

Por fim, este trabalho teve como objetivo analisar variados tratamentos, os quais buscassem mitigar os efeitos fitotóxicos da deriva do herbicida Diquat na cultura do milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Catanduvas, Paraná, Brasil, situado nas coordenadas 25° 07' 51''S 53° 09' 09''O, a altitude de 840 m. A área foi semeada no dia 12 de fevereiro de 2024, utilizando a cultivar de milho LG 36680 PRO 4. O solo, classificado como latossolo vermelho eutroférico, apresenta características favoráveis, incluindo boa fertilidade natural, elevado teor de palhada e propriedades físico-químicas adequadas (BHERING *et al.*, 2007).

Para o início da pesquisa, foi necessário atingir propositalmente as parcelas de milho com o herbicida Diquat. Considerando que a dose normal de aplicação deste herbicida é de 2 L ha⁻¹, a dose foi reduzida pela metade para evitar que fosse fatal para as plantas e permitir a execução do experimento de recuperação fitoquímica. Contudo, aplicou-se uma solução

composta por 1 L de Diquat em concentração de 373,5 g L⁻¹, diluído em 200 L de calda por hectare. Esta aplicação foi realizada no dia 13 de março quando o milho estava no estágio V10. Dessa forma, a fito foi provocada e todas as parcelas, incluindo o grupo de testemunha foram lesionadas pelo herbicida. A aplicação dos tratamentos para recuperação da injúria provocada foram feitas em dose única no dia 20 de março, ou seja, apenas uma aplicação de cada tratamento uma semana depois da planta ser atingida pelo herbicida,.

Foi utilizado delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições. Para a recuperação da injúria causada pelo herbicida, foram testados quatro diferentes tratamentos. O primeiro tratamento (T1) foi utilizado como a testemunha, sem aplicação de qualquer produto além do herbicida Diquat. O segundo tratamento (T2) consistiu na aplicação de uma formulação produzida na propriedade, contendo ureia 45 %, MAP, açúcar, sulfato de magnésio e sulfato de zinco, pesados e diluídos em água a 2 % do volume e aplicado a uma taxa de 200 L de calda por hectare. O terceiro tratamento (T3) utilizou um extrato comercial de algas *Ascophyllum nodosum*, com as seguintes garantias de composição: Cobalto (Co) 3,60 g L⁻¹, Níquel (Ni) 3,60 g L⁻¹, Molibdênio (Mo) 36,00 g L⁻¹, aplicados uma taxa de 2 L ha⁻¹ e 200 L de calda por hectare. O quarto tratamento (T4) utilizou um mix foliar comercial com a seguinte composição garantida pelo fabricante: nitrogênio (N) 5 %, fósforo (P₂O₅) 8 %, potássio (K₂O) 5 %, cálcio (Ca) 1 %, magnésio (Mg) 1 %, boro (B) 0,4 %, cobre (Cu) 0,2 %, manganês (Mn) 0,5 % e zinco (Zn) 1 %, além de aminoácidos não especificados pelo fabricante. A aplicação foi a uma taxa de 2 L ha⁻¹ e 200 L de calda por hectare.

Cada tratamento foi replicado cinco vezes, totalizando 20 parcelas, incluindo as testemunhas. As parcelas apresentaram dimensões de 2,5 m de largura por 5 m de comprimento, com espaçamento de 50 cm entre as linhas, resultando em uma população final de 66 mil plantas por hectare.

Além disso, foram realizadas aplicações padrão da fazenda, incluindo: uma aplicação de inseticida Acefato (Magnum) a 1 kg ha⁻¹ em 22 de fevereiro de 2024; uma segunda aplicação com inseticida Acefato (Magnum) a 1 kg ha⁻¹, junto com Metomil (Assaris) a 1,1 L ha⁻¹ no dia 02 de março de 2024; uma terceira aplicação com inseticida Acefato (Magnum) a 1 g ha⁻¹, mais Metomil (Assaris) a 1.1 L ha⁻¹ em 18 março 2024; e uma aplicação de fungicida Orkestra (Fluxapiroxade e Piraclostrobina) a 1 L por hectare, ScoreFlex (difenoconazol) a 500mL ha⁻¹, Bold (acetamiprido) a 400 mL ha⁻¹, e Fix óleo a 250mL por hectare. Adicionalmente, foi realizada uma aplicação a lanço de ureia 45 % a uma taxa de 85 kg ha⁻¹ em 05 de março de 2024, dias antes da fito ter sido provocada pelo herbicida Diquat.

Nos estádios finais de desenvolvimento da cultura, especificamente no estágio R5, quando os grãos estão formados, mas ainda apresentam alta umidade, e a planta inicia o processo de senescência, foi mensurado o diâmetro do caule. Para isso, foram coletadas 5 amostras por parcela. Utilizou-se um paquímetro de metal para garantir maior precisão nas medições

A colheita foi realizada no dia 6 de julho de 2024. A umidade dos grãos coletados foi de 20%, e o cálculo de conversão de peso para base seca foi efetuado utilizando o fator de correção de umidade. A área colhida foi equivalente a 3 m² por parcela, sendo eliminadas as duas linhas de bordadura. As espigas foram debulhadas e pesadas na Fazenda Escola da FAG, utilizando uma balança de precisão. Posteriormente, os dados de peso por parcela e massa de mil sementes (MMS) foram registrados

Após levantamento e coleta dos dados, os mesmos foram submetidos à estatística descritiva e teste de normalidade Shapiro-Wilk, em caso de normalidade se aplicou a análise de variância (ANOVA) e quando significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância, com auxílio do programa estatístico GENES (CRUZ, 2016).

Resultados e Discussões

A análise de variância (ANOVA) foi realizada para avaliar a influência dos tratamentos sobre as variáveis analisadas: altura da planta (ALT), diâmetro do colmo (DC), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (kg ha⁻¹). O teste de coeficiente de variação (CV) foi utilizado para verificar a significância estatística dos tratamentos em cada variável. A altura e produtividade foram observadas diferenças estatísticas, já para MMG e diâmetro de colmo não houve diferença significativa.

Tabela 1. Resumo da análise de variância ANOVA para altura da planta (ALT); diâmetro do colmo (DC); Massa de mil grãos (MMG) e produtividade.

FV	Quadrado médio			
	ALT (cm)	DC (cm)	MMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Blocos	1065,935	0,1343	9,1399	1457195
Tratamentos	5764,285**	0,331 ns	10,329 ns	27856252,756**
Média	186,09	6,62	300,21	6161,24
CV(%)	7,03	4,65	10,22	11,29

** significativo a 1 % de probabilidade de erro pelo teste CV.

Tabela 2. Médias de altura da planta (ALT); diâmetro do colmo (DC) ; Massa de mil grãos (MMG) e produtividade.

Tratamentos	ALT. (cm)	D.C. (cm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	MMG (g)
-------------	--------------	--------------	---	------------

T1	135,26 b	6,26 b	2652,89 b	280,22 a
T2	200,00 a	6,72 ab	7276,12 a	310,56 a
T3	204,28 a	6,87 a	7744,21 a	300,85 a
T4	204,84 a	6,63 ab	6972,05 a	300,20 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro. T1=Testemunha; T2= Formulação da fazenda; T3= Extrato de algas *Ascophyllum nodosum*; T4= Mix foliar comercial.

Para altura da planta (ALT) observou-se efeito significativo dos tratamentos ($p \leq 0,01$). Essa variável apresentou uma variação substancial entre T1 e os demais tratamentos, com T1 (testemunha) apresentando a menor média (135,26 cm) em relação os tratamentos T2, T3 e T4 (médias entre 200,00 e 204,84 cm). Isso indica que o uso de tratamentos favoreceu um aumento expressivo na altura das plantas em comparação com a testemunha, que não recebeu nenhuma formulação adicional. No teste de Tukey os tratamentos T2, T3 e T4, classificados como **a**, foram estatisticamente superiores a T1 mas sem diferenças significativas entre si.

O diâmetro do colmo (DC) no presente experimento, o tratamento T3 (Extrato de Algas *Ascophyllum nodosum*) apresentou o melhor desempenho (6,87cm), sendo estatisticamente superior ao tratamento T1 (Testemunha), que obteve o menor resultado (6,26 cm). Os tratamentos T2 (Formulação da Fazenda) e T4 (Mix Foliar Comercial) apresentaram desempenho intermediário (6,72cm e 6,63cm), sendo estatisticamente similares tanto ao T3 (Extrato de Algas *Ascophyllum nodosum*) quanto à T1 (Testemunha). Dessa forma, observa-se que o uso do extrato de algas favoreceu significativamente a estruturação da planta, indicando maior robustez no colmo, o que pode contribuir para sua estabilidade e desenvolvimento.

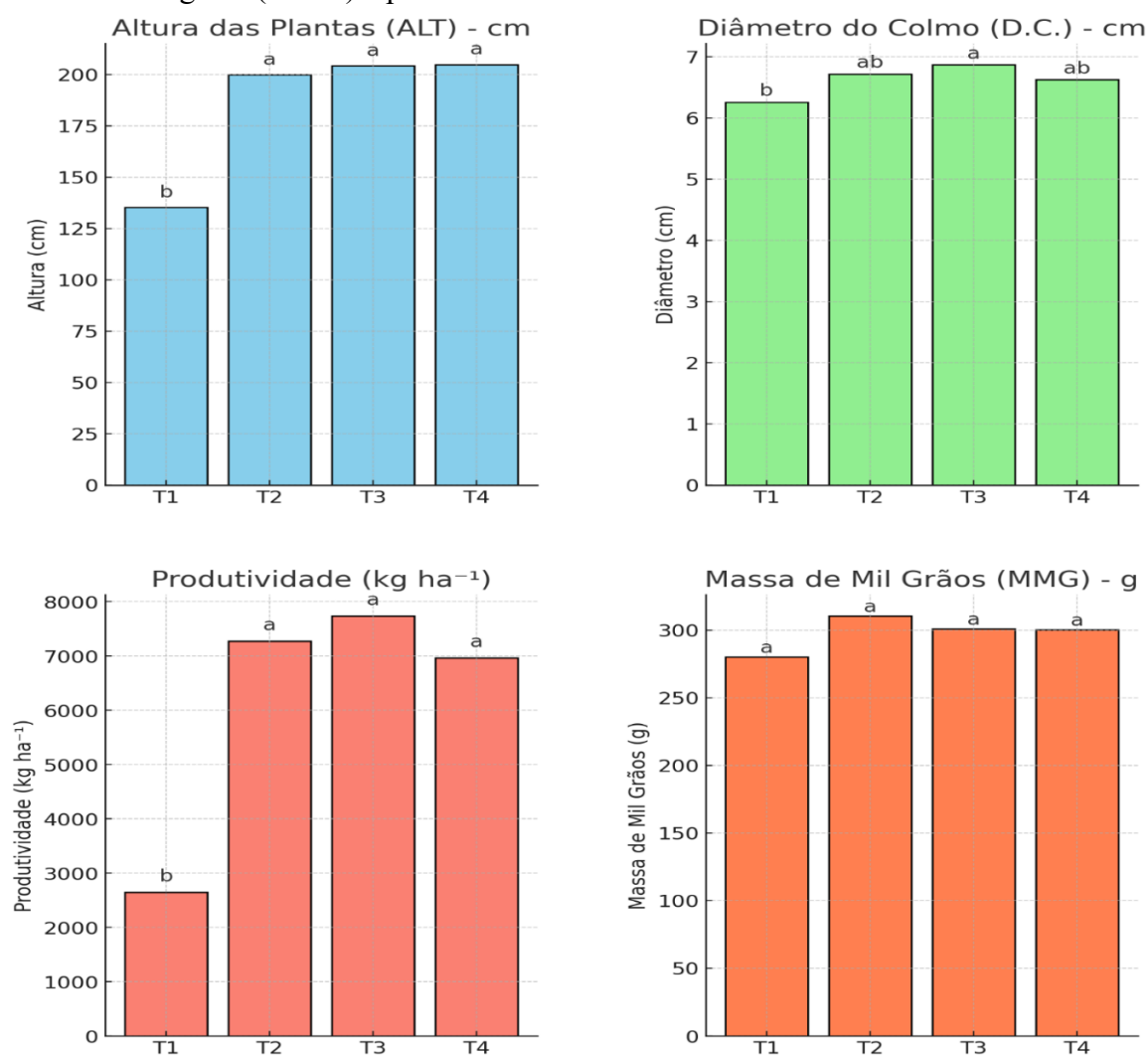
A massa de mil grãos (MMG) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, com médias variando de 280,22g (Testemunha) a 310,56 g (T-3 extrato de algas *Ascophyllum nodosum*). Esse resultado sugere que a MMG é uma característica menos sensível às alterações promovidas pelos tratamentos testados e pode ser mais influenciada por características genéticas ou condições ambientais externas.

A produtividade foi uma variável significativamente influenciada pelos tratamentos ($p \leq 0,01$). T1 (testemunha) apresentou uma média de produtividade de 2652,89 kg ha⁻¹, que foi significativamente menor do que os valores observados nos tratamentos T2, T3 e T4. Entre os tratamentos aplicados, T3 (extrato de algas *Ascophyllum nodosum*) obteve a maior produtividade média (7744,21 kg ha⁻¹), seguido de T2 (formulações da fazenda) com 7276,12 kg ha⁻¹ e T4 (Mix foliar comercial) com 6972,05 kg ha⁻¹.

Isso indica que todos os tratamentos foram eficazes em promover um aumento na produtividade em relação à testemunha, com o extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (T3)

apresentando o melhor desempenho. Os resultados no teste de Tukey indicaram que somente a testemunha (T1) apresentou diferença estatisticamente significativa na produtividade ($p < 0,05$) em comparação com os outros tratamentos, obtendo desempenho inferior. Os tratamentos T2, T3 e T4 não mostraram diferença estatística entre si.

Figura 1. Resultado dos dados obtidos de altura da planta (ALT); diâmetro do colmo (DC); Massa de mil grãos (MMG) e produtividade.



Os resultados indicam que os tratamentos T2, T3 e T4 foram eficazes em melhorar tanto a altura quanto a produtividade das plantas em relação à testemunha (T1). O extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (T3) destacou-se como o tratamento mais promissor para maximizar a produtividade e diâmetro de colmo, possivelmente devido à presença de nutrientes e compostos bioativos que podem estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Em contraste, a massa de mil grãos não foi influenciada pelos tratamentos, sugerindo que essa característica pode ser menos responsiva às formulações aplicadas ou mais dependentes de outros fatores.

Os resultados obtidos reforçam a eficácia do uso de bioestimulantes, como o extrato de algas *Ascophyllum nodosum*, em sistemas de produção agrícola, destacando sua capacidade de melhorar aspectos fundamentais do crescimento e da produtividade das culturas. Essa observação é corroborada pelos achados de Trindade et al. (2023), que evidenciaram os benefícios do uso desse bioestimulante em condições de elevada acidez do solo e alumínio, demonstrando sua eficiência na mitigação dos efeitos de estresses abióticos. A convergência entre os estudos reforça o potencial de aplicação do *Ascophyllum nodosum* em cenários agrícolas variados, contribuindo para a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas de cultivo.

Conclusão

Os tratamentos influenciaram significativamente a altura das plantas e a produtividade, com destaque para o extrato de algas *Ascophyllum nodosum*, que obteve a maior produtividade e diâmetro de colmo, nas condições estudadas. Esses resultados indicam que o uso de bioestimulantes pode ajudar a mitigar os efeitos fitotóxicos do herbicida Diquat.

Referências

- ANDRADE, C. L. L.; CARVALHO, M. P.; BARROSO, A. L. L.; ROSA, M.; GONÇALO, T. P.; BUCHLING, C.; RODRIGUES, R. L. S. Uso de bioestimulante na reversão de injúria de glyphosate no milho convencional. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 4, e593, out./dez. 2018.
- ANDRADE, C. L. L.; SILVA, A. G.; CANTÃO, V. C. G.; MELLO, G. B.; SIQUEIRA, G. G. C.; RODRIGUES, R. L. S. Performance of maize seedlings using biostimulant in seed treatment. **Científica**, v. 46, n. 3, p. 274-282, 2018.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 245-252, 2005.
- BHERING, S. B.; ARAÚJO, E. L. R.; ALMEIDA, R. M.; SOUZA, L. C.; SCHNEIDER, S. S. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338833>. Acesso em: 20 out. 2024.
- CARVALHO, S. J. P.; MAGALHÃES, T. B.; OVEJERO, R. F. L.; PALHANO, M. G. Fitotoxicidade de subdoses do herbicida dicamba quando aplicado em pré-emergência da cultura da soja não-tolerante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 2, p. 85-92, 2022.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 04 abr. 2024.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

KARAM, D.; GAMA, J. C. M. Radiografia dos herbicidas. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 10, n. 114, p. 24-27, 2008.

KOZŁOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

MIRANDA, R. A. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

RODRIGUES, A. CONAB: **Colheita de grãos da safra 23/24 será menor que o estimado, 2024**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-02/conab-colheita-de-graos-da-safra-2324-sera-menor-do-que-o-estimado>. Acesso em: 05 abr. 2024.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; HALL, L.; BECKIE, H.; THOMAS, M. W. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2005. 152 p.

SILVA, J. A. A.; COELHO, A. M.; GAZZIERO, D. L. P.; VARGAS, L.; KARAN, D. Aminoácidos como recuperadores de plantas de milho intoxicadas por nicosulfuron. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, 2010. p. 3223-3228.

SILVA, T. H. C.; VAN BRUGGEN, A. H. C. **O uso de agroquímicos é uma prática fundamental no controle de daninhas no Brasil**. Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1103281/1/Controleplantasdaninhas.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

TRINDADE, P. R.; MOONEY, S. J.; RODRIGUES, C. R.; CASTOLDI, G.; VENEZIANO, V. M.; ATKINSON, B.; STURROCK, C. J.; CHAGAS, M. G. K.; ALVES, G. B.; RODRIGUES, A. A.; FILHO, S. C. V. Effects of *Ascophyllum Nodosum* and Soil Amendments on the Development of Maize Seedlings Cultivated Under Acid Oxisol. **Research Square**, 2023.