



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

DIEGO ZIDANE FERNANDES DA COSTA

**EFICIÊNCIA DE ADJUVANTES ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE NO
CONTROLE DO CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine indica*)**

MOSSORÓ

2024

DIEGO ZIDANE FERNANDES DA COSTA

**EFICIÊNCIA DE ADJUVANTES ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE NO
CONTROLE DO CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine indica*)**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Daniel Valadão Silva, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC837 Costa, Diego Zidane Fernandes da.
ee EFICIÊNCIA DE ADJUVANTES ASSOCIADOS AO
GLYPHOSATE NO CONTROLE DO CAPIM-PÉ-DE-GALINHA
(Eleusine indica) / Diego Zidane Fernandes da
Costa. - 2024.
40 f. : il.

Orientador: Daniel Valadão Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2024.

1. Herbicidas. 2. Fitotoxicidade. 3. Eficácia.
4. Manejo de plantas daninhas. I. Valadão Silva,
Daniel , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DIEGO ZIDANE FERNANDES DA COSTA

**EFICIÊNCIA DE ADJUVANTES ASSOCIADOS AO GLYPHOSATE NO
CONTROLE DO CAPIM-PÉ-DE-GALINHA (*Eleusine indica*)**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 24/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Valadão Silva (UFERSA)
Presidente

Prof. Dra. Daniely Formiga Braga (UFERSA)
Membro Examinador

Msc. Jesley Nogueira Bandeira (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de um esforço coletivo, resultado de valiosas contribuições recebidas ao longo da minha jornada acadêmica, de pessoas que permanecerão para sempre em minha memória. Por isso, expresso minha gratidão àqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização e conclusão deste ciclo:

Primeiramente, agradeço a Deus por me permitir viver essa experiência única de aprendizado e conhecimento, mostrando-se, ao longo de toda a minha vida, como o maior mestre que alguém pode ter.

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo amor, apoio e encorajamento incondicional. Obrigado por acreditarem em mim e por todos os sacrifícios que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui. Nada disso seria possível sem vocês.

Aos meus irmãos, não há palavras suficientes para expressar o quanto os amo. Meu mais sincero obrigado por tudo.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pelo suporte indispensável e pela oferta de um ensino de excelência.

Ao meu orientador, Dr. Daniel Valadão Silva, sou grato pela confiança e pelo acolhimento ao longo desses anos. Agradeço também pelos ensinamentos, correções e estímulos que me impulsionaram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao grupo NOMATO, em especial a Hamurábi Lins, Jesley Bandeira, Carolina Ramírez, Matheus Ribeiro, Cydianne Cavalcante, Taliane Teófilo, Daniel Viana, Cecilia Godeiro, Daniele Amancio, Paulo Fernandes e os demais do grupo pela receptividade, contribuição ao trabalho e ensinamentos repassados.

Ao meu companheiro, Thalís Xavier, pelo apoio incondicional e por toda a ajuda no desenvolvimento deste trabalho. Sua paciência, compreensão e incentivo constante foram fundamentais para que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida acadêmica. Obrigado por acreditar em mim e estar ao meu lado em todos os momentos.

Muito obrigado!

DEDICATORIA

Dedico este trabalho aos meus antepassados, cujas mãos calejadas e olhares esperançosos traçaram o caminho que hoje trilhar. Cada página desta pesquisa é uma homenagem à luta e à resiliência de quem, sem a oportunidade de ter acesso ao nível superior, abriu portas para que eu pudesse chegar até aqui, em especial, à: Francisco Fernandes Pimenta, Maria Cedma Fernandes Pimenta, Raimundo Nonato da Costa e Rita Alves Dantas.

RESUMO

As plantas daninhas interferem no desenvolvimento das culturas, causando a redução da produtividade agrícola. O glyphosate é amplamente utilizado no manejo de plantas daninhas pós-emergência em diversas culturas, como soja, milho e algodão. No entanto, algumas espécies, como *Eleusine indica*, têm mostrado resistência a esse herbicida, o que compromete sua eficácia. A adição de adjuvantes ao glyphosate surge como uma estratégia eficaz para melhorar a absorção e o controle de plantas daninhas resistentes. Este estudo investigou a eficiência de adjuvantes associados ao glyphosate no controle de capim-pé-de-galinha. O experimento foi realizado entre março e maio de 2024, em casa de vegetação na UFERSA, utilizando solo arenoso sem histórico de aplicação de herbicidas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 160 unidades experimentais. Foram testadas diferentes doses de glyphosate (0,0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 L.ha⁻¹) com os adjuvantes, adjuvante comercial na dose (50ml/100L), adjuvante teste 1 nas doses (0,5, 1,0 e 1,5 L.ha⁻¹) e adjuvante teste 2 nas doses (0,5, 1,0 e 1,5 L.ha⁻¹). A fitotoxicidade foi avaliada em 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), e a biomassa seca foi determinada 28 DAA. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que o capim-pé-de-galinha apresentou diferentes níveis de fitotoxicidade, variando de leve a muito alta, dependendo da dose de glyphosate e da presença de adjuvantes. Os tratamentos nas doses de 1,5 e 2,0 L.ha⁻¹ do herbicida, associados aos adjuvantes comercial e adjuvante teste 2 na dosagem 1,0 e 1,5 L.ha⁻¹, demonstraram maior eficácia, intensificando os sintomas de intoxicação e levando, em alguns casos, à morte total das plantas. A matéria seca do capim-pé-de-galinha diminuiu significativamente com o aumento da dose de glyphosate, confirmando uma relação inversa entre a concentração do herbicida e o acúmulo de biomassa. A adição de adjuvantes potencializou a eficácia do herbicida. Nas doses mais elevadas (1,5 e 2,0 L.ha⁻¹), os tratamentos com o adjuvante teste 1 na dose 1,5 L.ha⁻¹ e o adjuvante teste 2 nas doses 1,0 e 1,5 L.ha⁻¹ resultaram em controle total da planta, enquanto o glyphosate isolado não foi capaz de eliminar completamente *Eleusine indica*. O adjuvante teste 1 apresentou controle mais consistente em todas as doses, enquanto o adjuvante teste 2 foi mais eficaz nas concentrações mais altas. Portanto, o uso de adjuvantes combinados com glyphosate é uma estratégia promissora para o controle eficiente de *Eleusine indica*.

Palavras-chave: Herbicidas; Fitotoxicidade; Eficácia; Manejo de plantas daninhas.

ABSTRACT

Weeds interfere with crop development, causing reduced agricultural productivity. Glyphosate is widely used in post-emergence weed management in several crops, such as soybean, corn, and cotton. However, some species, such as *Eleusine indica*, have shown resistance to this herbicide, which compromises its effectiveness. The addition of adjuvants to glyphosate emerges as an effective strategy to improve the absorption and control of resistant weeds. This study investigated the efficiency of adjuvants associated with glyphosate in the control of goosegrass. The experiment was carried out between March and May 2024, in a greenhouse at UFERSA, using sandy soil with no history of herbicide application. The experimental design was in randomized blocks with four replications, totaling 160 experimental units. Different doses of glyphosate (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 L.ha⁻¹) were tested with the adjuvants, commercial adjuvant at the dose (50ml/100L), adjuvant test 1 at the doses (0.5, 1.0 and 1.5 L.ha⁻¹) and adjuvant test 2 at the doses (0.5, 1.0 and 1.5 L.ha⁻¹). Phytotoxicity was evaluated at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA), and dry biomass was determined 28 DAA. Data were analyzed by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). The results showed that the goosegrass presented different levels of phytotoxicity, ranging from mild to very high, depending on the dose of glyphosate and the presence of adjuvants. Treatments at doses of 1.5 and 2.0 L.ha⁻¹ of the herbicide, associated with commercial adjuvants and adjuvant test 2 at doses of 1.0 and 1.5 L.ha⁻¹, demonstrated greater efficacy, intensifying the symptoms of intoxication and leading, in some cases, to the total death of the plants. The dry matter of the goosegrass decreased significantly with the increase in the dose of glyphosate, confirming an inverse relationship between the concentration of the herbicide and the accumulation of biomass. The addition of adjuvants enhanced the efficacy of the herbicide. At the highest doses (1.5 and 2.0 L.ha⁻¹), treatments with adjuvant test 1 at a dose of 1.5 L.ha⁻¹ and adjuvant test 2 at doses of 1.0 and 1.5 L.ha⁻¹ resulted in complete control of the plant, while glyphosate alone was not able to completely eliminate *Eleusine indica*. Adjuvant test 1 showed more consistent control at all doses, while adjuvant test 2 was more effective at the highest concentrations. Therefore, the use of adjuvants combined with glyphosate is a promising strategy for efficient control of *Eleusine indica*.

Keywords: Herbicides; Phytotoxicity; Efficacy; Weed management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula estrutural do Glyphosate.....	19
Figura 2. Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>), nos dias 7 após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha ⁻¹ de glyphosate.	26
Figura 3. Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>), aos 14 dias após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha ⁻¹ de glyphosate.	27
Figura 4. Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>), aos 21 dias após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha ⁻¹ de glyphosate.	28
Figura 5. Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>), aos 28 dias após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha ⁻¹ de glyphosate	29
Figura 6. Produção de matéria seca (g) de <i>Eleusine indica</i> em resposta a diferentes doses de glyphosate (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 L.ha ⁻¹) associado a adjuvantes em aplicação pós-emergente. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (barras de erro) de 4 réplicas.	31
Figura 7. Análise da porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>) em relação à testemunha em aplicação pós-emergente de diferentes doses de glyphosate (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 L.ha ⁻¹) associado a adjuvantes em aplicação pós-emergente. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (barras de erro) de 4 réplicas.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala de notas utilizada para avaliação visual de intoxicação das plantas pelo herbicida.	24
Tabela 2. Matéria seca (g) de <i>E. Indica</i> em reação a diferentes doses de glyphosate e os tratamentos com (ou sem) adjuvantes. Mossoró-RN, 2024.....	30
Tabela 3. Análise da porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i>) em relação à testemunha. Mossoró-RN, 2024.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
DBC	Delineamento de blocos casualizados
DAA	Dias após aplicação
pH	Potencial hidrogeniônico
PVC	Policloreto de vinila
RN	Rio Grande do Norte
SBCPD	Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

LISTA DE SÍMBOLOS

Cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
dm ³	Decímetro cúbico
K _d	Coeficiente de partição solo-água
K _{ow}	Coeficiente de partição octanol-água
L.ha ⁻¹	Litros por hectare
mg L ⁻¹	Miligramas por litro
N	Nitrogênio
pK _a	Constante de dissociação ácido
PV	Pressão de vapor
S _w	Solubilidade em água
%	Porcentagem
®	Marca registrada
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Controle químico de plantas daninhas	16
2.2 Capim-pé-de-Galinha (<i>Eleusine indica</i>)	17
2.3 Glyphosate	18
2.4 Problemas de resistência ao glyphosate	20
2.5 Adjuvantes em calda de pulverização	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Condições experimentais	23
3.2 Design experimental	24
3.3 Avaliação de fitotoxicidade do glyphosate no capim-pé-de-galinha	24
3.4 Características avaliadas	25
3.5 Análises estatísticas	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Fitotoxicidade do capim-pé-de-galinha	26
4.2 Avaliação de matéria seca do capim-pé-de-galinha	29
4.3 Porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha em relação a testemunha	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

A presença de plantas daninhas no desenvolvimento de culturas agrícolas é uma das principais causas de redução de produtividade no setor agrícola (SILVA et al., 2019). *Eleusine indica*, popularmente conhecida como capim-pé-de-galinha, é uma planta daninha amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais, representando um desafio significativo para a agricultura. Sua alta capacidade de competição por recursos como água, luz e nutrientes pode levar a reduções substanciais na produtividade das culturas agrícolas (LOUREIRO et al., 2019). O manejo integrado e o desenvolvimento de estratégias de controle eficazes são, portanto, fundamentais para minimizar os impactos dessa planta daninha e garantir a produtividade agrícola (OLIVEIRA et al., 2021).

O controle químico com o uso de herbicidas é uma das estratégias mais utilizadas para o manejo de plantas daninhas, com o glyphosate sendo um dos herbicidas mais aplicados devido a sua alta eficiência. Este herbicida é amplamente empregado em culturas como soja, milho e algodão, onde atua de forma eficaz no controle de plantas daninhas em pós-emergência (CARVALHO et al., 2019; PIAZZETA et al., 2020). Nessas culturas, a competição com plantas daninhas pode reduzir drasticamente a produtividade, chegando a causar perdas de até 85% na produção total (MONQUERO et al., 2017). Dessa forma, o uso de herbicidas como o glyphosate é fundamental para garantir a produtividade agrícola e evitar perdas expressivas (ALMEIDA et al., 2021).

O glyphosate é um herbicida de amplo espectro que atua inibindo a enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), essencial no metabolismo de aminoácidos das plantas (FERNANDES et al., 2017). Entretanto, o uso contínuo desse produto tem levado ao surgimento de populações de plantas daninhas resistentes, como *Eleusine indica*, diminuindo sua eficácia e exigindo o desenvolvimento de novas estratégias de manejo (SILVA; SOUZA, 2021). Nesse contexto, a utilização de adjuvantes surge como uma alternativa promissora para potencializar a ação dos herbicidas.

Adjuvantes são substâncias adicionadas às caldas de pulverização com o intuito de melhorar a performance dos produtos fitossanitários, otimizando sua absorção, retenção e translocação dos herbicidas nas plantas (MENDES; ALMEIDA, 2019). Segundo Rodrigues et al. (2020), a associação de adjuvantes ao glyphosate pode aumentar a eficiência no controle de *Eleusine indica*, especialmente em condições de pós-emergência.

Diante da relevância do problema da resistência de *Eleusine indica* ao glyphosate, este estudo tem como objetivo investigar a eficiência de adjuvantes associados ao glyphosate no controle pós-emergência dessa planta daninha. A pesquisa visa fornecer informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes e sustentáveis e contribuindo para a manutenção da produtividade agrícola e a sustentabilidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Controle químico de plantas daninhas

A monocultura é uma prática agrícola que exige um elevado uso de produtos fitossanitários, em grande parte devido às condições climáticas predominantes no Brasil. Entre os produtos químicos aplicados nas lavouras, os herbicidas se destacam com uma participação de mercado de 49% em 2023, seguidos pelos fungicidas (24%), inseticidas (18%), tratamento de sementes (1%) e outros produtos (8%) (SINDIVEG, 2023). A intensa utilização de herbicidas é uma resposta à significativa ameaça que as plantas daninhas representam para a produção agrícola e sua prevalência quase total em áreas cultivadas (SILVA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

As plantas daninhas são espécies vegetais que surgem espontaneamente em áreas antropizadas e, geralmente, são consideradas indesejáveis. Quando não são adequadamente controladas, essas plantas podem causar significativos danos às culturas, competindo pelos mesmos recursos limitantes, como água, luz, nutrientes e espaço. Além disso, as plantas daninhas podem suprimir o crescimento das culturas através da liberação de aleloquímicos, substâncias que inibem o desenvolvimento das plantas vizinhas. Essas plantas também prejudicam a realização dos tratos culturais e da colheita, além de servirem como hospedeiras de pragas e doenças (ALMEIDA et al., 2018; PEREIRA et al., 2019). As estimativas indicam que as perdas de produção causadas por plantas daninhas podem variar de 10% a 80%, e em situações onde o controle é inadequado ou inexistente, essas perdas podem chegar a 100% (LOPES et al., 2005; VELINI et al., 2011).

A implementação de estratégias para a prevenção e controle de plantas daninhas é desafiadora devido à capacidade dessas espécies de se adaptarem rapidamente às práticas de manejo, além da variação espacial e temporal de suas populações (SILVA et al., 2021). Os métodos de controle de plantas daninhas incluem abordagens físicas, culturais, biológicas, mecânicas e químicas. Dentre esses, o controle químico é o mais amplamente utilizado e, frequentemente, é combinado com outras estratégias (PEREIRA et al., 2022). Quando comparado a outros métodos, o controle químico geralmente se destaca pela sua alta eficiência, facilidade de aplicação e relação custo-benefício favorável, devido à redução dos custos com mão de obra (MARTINS et al., 2023; SOARES et al., 2024). Além disso, a aplicação adequada dos herbicidas pode reduzir significativamente a presença de plantas daninhas desde o início do crescimento da cultura, um período crítico para a prevenção de perdas, e também controla

as espécies daninhas nas linhas de cultivo, onde outros métodos podem não ser tão eficazes (PEREIRA et al., 2022).

Nesse prisma de abordagem, o controle químico de plantas daninhas também enfrenta diversas limitações. Como os herbicidas são produtos tóxicos, eles podem causar efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente, impactando a fauna selvagem, os corpos d'água e a microbiota do solo (SILVA et al., 2020). Por isso, é essencial considerar vários aspectos técnicos durante a aplicação dos herbicidas para garantir resultados eficazes. Isso inclui a escolha apropriada do produto, a calibragem adequada do pulverizador e a avaliação das condições ambientais no momento da aplicação (RODRIGUES et al., 2022; CARVALHO et al., 2023).

2.2 Capim-pé-de-Galinha (*Eleusine indica*)

O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L. Gaertn) é uma planta daninha cosmopolita, com registros iniciais originários da Ásia, especialmente na Malásia, embora sua origem exata ainda seja motivo de discussão (Kissmann, 2007). Nas Américas, é uma espécie introduzida, ocorrendo desde os Estados Unidos até a Argentina. Essa gramínea encontra-se presente em praticamente todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas. No Brasil, o *E. indica* está amplamente distribuído, sendo encontrado em quase todo o território nacional (Kissmann, 2007).

Sua capacidade adaptativa em diferentes ambientes e a resistência particularmente contra o glifosato. Tal resistência prejudica a eficácia dos métodos tradicionais de controle e representa um obstáculo importante para a produtividade agrícola devido ao impacto competitivo dessa planta nas lavouras (UMIYATI et al., 2023; HEAP et al., 2020; YANG et al., 2021).

Esses desafios são intensificados pelas altas taxas de sobrevivência do capim pé-de-galinha, que competem por recursos essenciais como água e nutrientes com as culturas agrícolas. Sua resistência a múltiplos herbicidas, incluindo glifosato e paraquat, observada em algumas populações, evidencia a necessidade de alternativas sustentáveis e de controle integrado, incluindo o uso de biocontroladores e a rotação de herbicidas para reduzir a pressão seletiva (UMIYATI et al., 2023; HEAP et al., 2020; YANG et al., 2021). Dessa forma, essa espécie representa uma ameaça significativa para culturas perenes e semiperenes, pois competem agressivamente com culturas anuais em ambientes úmidos e de clima quente.

O capim-pé-de-galinha é uma planta diploide pertencente à família Poaceae (Gramineae), com $2n = 18, 36$ ou 54 cromossomos. É uma monocotiledônea anual, com hábito

de crescimento cespitoso, podendo ser ereta ou semiprostrada, alcançando de 30 a 70 cm de altura. Outrossim, apresenta uma reprodução predominantemente autógama e ciclo fotossintético do tipo C4, produzindo em média cerca de 40 mil sementes por planta. Tem um ciclo que pode variar entre 120 a 180 dias, que depende das condições ambientais. Em situações de alta competição, há impacto no uso de água, o que afeta a disponibilidade de CO₂ e a temperatura foliar, influenciando diretamente a eficiência fotossintética da planta. Ambientes extremos, como regiões secas ou frias, também podem alterar o ciclo de vida da espécie. As sementes de capim-pé-de-galinha tendem a apresentar maior capacidade germinativa em condições de calor e umidade elevadas (Kissmann, 2007; Concenção et al., 2014).

Fatores como luminosidade e fotoperíodo influenciam diretamente o crescimento vegetativo da planta. Sob alta luminosidade, observa-se estímulo no crescimento e tendência ao hábito prostrado, enquanto em ambientes sombreados, as plantas apresentam postura mais ereta, porém com altura reduzida. Além disso, o capim-pé-de-galinha demonstra relativa resistência tanto a condições de seca quanto ao excesso de umidade (Kissmann, 2007). Já em relação as características do solo, vê-se que é *E. indica*, é uma planta pouco exigente quanto às características do solo, tolerando uma ampla faixa de pH e se mostrando competitiva, especialmente em solos pobres em nutrientes, no qual, apresenta bom desenvolvimento em áreas compactadas, sendo frequentemente utilizada como indicador dessa condição (Kissmann, 2007).

Contudo, o capim-pé-de-galinha é uma gramínea anual que se destaca pelos colmos achatados, que podem crescer de forma ereta ou prostrada, apresentando coloração mais clara na base e estrutura ramificada. Suas folhas possuem bainhas abertas com longas fendas, lígulas membranáceas e ápice que pode ser transversalmente cortado ou apresentar cílios reduzidos. As lâminas das folhas basais têm formato lanceolado, enquanto as lâminas dos colmos são lineares, ambas com base levemente arredondada, ápice agudo, margens serrilhadas e faces lisas. A inflorescência é constituída por até sete espigas lineares dispostas em verticilos, com espiguetas verdes e pontiagudas localizadas em apenas um lado da raque, característica que facilita a identificação da espécie. A unidade de propagação do capim-pé-de-galinha é o aquênio, um tipo de fruto seco (Lorenzi, 2008; Moreira & Bragança, 2010).

2.3 Glyphosate

O Glyphosate (N-(fosfonometil) glicina) (Figura 1) é um herbicida não seletivo, de ação sistêmica e de aplicação pós-emergente (aplicado após uma emergência da planta

daninha), que demonstra alta eficácia na eliminação de diversas espécies vegetais indesejadas no trabalho, como as plantas daninhas (IARC, 2017).

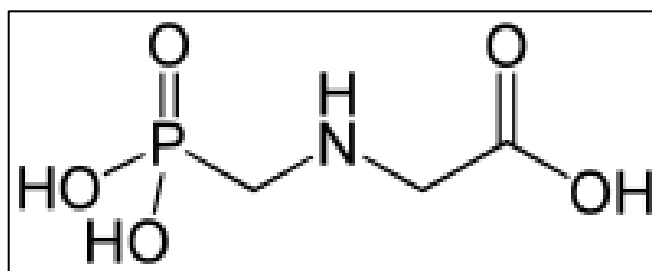


Figura 1. Fórmula estrutural do Glyphosate.

O glyphosate possui um mecanismo de ação específico, sendo o único herbicida capaz de inibir a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), que desempenha papel fundamental na via do chiquimato (SHIK), catalisando a reação entre fosfoenolpiruvato e eritrose-4-fosfato, e bloqueando a síntese dos aminoácidos essenciais triptofano, fenilalanina e tirosina (Yamada et al., 2009; Sammons & Gaines, 2014). A via do chiquimato é exclusiva de plantas e alguns micro-organismos, estando ausente em mamíferos, aves e insetos, os quais obtêm os aminoácidos aromáticos a partir da dieta. Por esse motivo, o glyphosate é classificado como um herbicida com baixa toxicidade para organismos não-alvo (Franz et al., 1997; Duke & Powles, 2008). A ausência dessa via metabólica em animais torna o glyphosate uma opção ambientalmente mais segura para o controle de plantas daninhas (Sammons & Gaines, 2014).

Rodrigues (2018), o glyphosate possui uma densidade de 1,7 g/cm³, inferior que é relativamente pesada em comparação com a água. Em relação a solubilidade, a glyphosate se dissolve em água a uma taxa de 1,2 g/100 ml a 25°C, o que sugere uma solubilidade moderada. O glifosato se comporta como um ácido fraco, refletindo sua capacidade de dissociação em diferentes condições de pH. 2,45 x 10⁻⁸ mPa na forma ácida a 25°C, indicando que o glyphosate não tende a evaporar facilmente sob essas condições. Além disso, o coeficiente de partição octanol/água (kow) é de -1,0, o que indica que a substância possui tendência hidrofílica (afinidade por água).

De acordo com Manahan (2013), o glyphosate tende a se fixar de maneira intensa no solo devido à presença de sítios específicos em sua estrutura molecular que interagem fortemente com íons metálicos, componentes orgânicos, minerais e argilosos. Além disso, a decomposição desse herbicida ocorre de forma natural pela ação de micro-organismos presentes no solo, tanto em condições anaeróbicas quanto aeróbicas (Galli; Montezuma, 2004).

Dessa forma, o uso contínuo e intenso do glyphosate na agricultura moderna pode gerar a resistência de plantas daninhas ao produto, o que pode reduzir sua eficácia (Duke & Powles, 2009; IARC, 2017).

2.4 Problemas de resistência ao glyphosate

Segundo Leonardi et. Al, (2020), a resistência de plantas daninhas ao glyphosate é uma preocupação crescente que impacta a eficiência do controle químico em sistemas agrícolas. O surgimento de distúrbios é influenciado por diversos fatores, sendo um dos principais a pressão de seleção resultante do uso intensivo e repetido desse herbicida. Quando o herbicida é aplicado com frequência, as plantas que possuem alguma forma de resistência, mesmo que em baixas proporções, têm maior probabilidade de sobreviver e se reproduzir. Isso leva a um aumento gradual na frequência de genes de resistência dentro da população, tornando o controle das plantas cada vez mais difícil. A falta de diversidade nas estratégias de controle, como a aplicação exclusiva de glifosato, contribui para a seleção e proibição de leis resistentes (VIEIRA et al., 2019).

Além disso, o manejo inadequado do mato, incluindo a não rotação de culturas e a ausência de práticas de controle integradas, agrava o problema. Agricultores dependentes do glifosato como muitas ferramentas principais para o manejo de plantas específicas, negligenciando a importância de métodos complementares, como o uso de herbicidas com diferentes modos de ação, que poderiam reduzir a pressão de seleção (DIEP et al., 2022). Essa dependência não só favorece o desenvolvimento de resistência, mas também resulta em um círculo vicioso, onde a eficácia do herbicida diminui, obrigando os produtores a aumentarem as doses ou buscarem alternativas, muitas vezes com custos elevados.

Os desafios decorrentes do surgimento de populações resistentes são inovadores e multifacetados. Economicamente, o aumento da resistência pode levar a um aumento nos custos de produção devido à necessidade de estratégias de manejo mais complexas e onerosas. O controle químico se torna menos eficaz, exigindo a aplicação de práticas mais intensivas, como a aplicação de simulação de herbicidas e métodos não químicos (BENNETT et al., 2021). Além disso, a resistência impacta a sustentabilidade das práticas agrícolas, uma vez que a dependência contínua de herbicidas pode levar à manipulação do solo e dos ecossistemas adjacentes. Assim, a gestão da resistência requer uma abordagem holística e integrada, envolvendo tanto práticas agrônômicas quanto a conscientização sobre o manejo sustentável das plantas.

Knott et al. (2021), descreveu que resistência ao glyphosate é multifatorial. A mudança no perfil de resistência das populações de plantas especificamente, como a *Eleusine indica*, é

um exemplo claro, onde alterações específicas na EPSPS foram identificadas como responsáveis pela resistência. Além disso, a resistência não é apenas um problema agrônômico, mas também econômico, visto que a necessidade de herbicidas alternativos ou de métodos de controle integrado pode aumentar significativamente os custos de produção (BENNETT et al., 2021).

2.5 Adjuvantes em calda de pulverização

Os adjuvantes desempenham um papel essencial na agricultura ao potencializar a eficácia de diversos produtos agroquímicos (OLIVEIRA, 2021). Conforme descrito no decreto 4.074/2002 (BRASIL, 2002), adjuvantes são definidos como "produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar a sua aplicação". A ASTM (American Society for Testing and Materials) define adjuvantes como materiais adicionados no tanque para aprimorar ou modificar a ação de agrotóxicos, assim como alterar as propriedades físicas e químicas da mistura. De acordo com Raetano e Chechetto (2019), a definição da ASTM distingue que todo aditivo pode ser classificado como adjuvante, mas nem todos os adjuvantes são ainda considerados aditivos, mencionando uma definição mais abrangente que engloba produtos que melhoram tanto a eficácia quanto a segurança do processo de aplicação.

Com o crescente uso de adjuvantes na agricultura, torna-se necessário consultar especificamente e a recomendação correta de cada produto. Dessa forma, os adjuvantes podem ser classificados de acordo com diferentes funções, embora muitos apresentem capacidade de desempenhar mais de uma função simultaneamente (SILVA, 2013). Globalmente, estima-se que os adjuvantes representem entre 4,0% e 5,0% do mercado agroquímico, demonstra uma relevância. No Brasil, essa participação é ainda mais expressiva, correspondendo a cerca de 17,0% do volume comercializado globalmente (RAETANO e CHECHETO, 2019). Dado o tamanho desse mercado, a regulamentação ou certificação desses produtos poderia promover maior organização, possibilitando às empresas desenvolverem formulações mais direcionadas e respaldadas por pesquisas, e proporcionando aos agricultores maior segurança e confiança.

Segundo Oliveira (2021), os adjuvantes podem ser classificados de acordo com suas funcionalidades, englobando modificadores de propriedades físico-químicas da calda (como compatibilidade, solubilidade, estabilidade, formação de espuma e pH), modificadores do processo de frescura (como redutores de derivação e evaporação) e ativadores que interferem na interação com o alvo (como retenção, adesão, molhamento e espalhamento), além de impactarem a mobilidade no alvo (absorção, penetração e translocação).

Outra forma de classificação dos adjuvantes, amplamente exigida pela American Society for Testing and Materials (ASTM), que os categoriza em dois grandes grupos: adjuvantes ativadores e adjuvantes úteis ou com propósitos especiais (POLLI, 2021; TU e RANDALL, 2003; STOCK e BRIGGS, 2000; HAZEN, 2000; McMULLAN, 2000; STICKER, 1992; VAN VALKENBURG, 1982).

Os adjuvantes ativadores têm como função principal potencializar a eficácia dos herbicidas após o seu depósito nas superfícies-alvo, auxiliando a absorção das gotas pulverização do herbicida na planta. Em contrapartida, os adjuvantes úteis influenciam as propriedades físico-químicas da calda de eficiência, sem impactar diretamente a eficiência do herbicida.

Outrossim, nas pulverizações de herbicidas a adição de adjuvantes pode, em muitos casos, aprimorar a eficácia desses produtos no alvo. Entretanto, há situações em que essa adição não se justifica, uma vez que pode não proporcionar nenhum benefício significativo (PACANOSKI, 2010; BUNTING et al., 2004).

Dessa forma, Oliveira (2021) descreveu que uma escolha incorreta do adjuvante pode resultar em efeitos adversos, como redução da eficiência do herbicida, excesso de distribuição, maior persistência indesejada do herbicida no ambiente e um aumento nos danos à plantas e animais não-alvo (KAMMLER et al., 2010; PACANOSKI, 2010; FRIHAUF et al., 2005; KUCHARSKI, 2004; SWARCEWICZ et al., 1998). Vale ressaltar que não existe um adjuvante universal capaz de melhorar o desempenho de todos os herbicidas sob todas as condições climáticas e de controle de plantas específicas (TU e RANDALL, 2001).

Diferentes espécies de plantas apresentam características variáveis em suas superfícies foliares, como a cutícula, cerosidade, quantidade de estômatos e tricomas, além da posição, ângulo e número de folhas, e a idade das folhas. Essas características podem criar barreiras que dificultam a deposição e a absorção dos herbicidas (KRAEMER et al., 2009; KOCH et al., 2008; HESS, 1985; HULL et al., 1982). Os ativadores por sua vez, atuam reduzindo a tensão superficial da calda de pulverização e o ângulo de contato entre a gota e a superfície foliar, pode melhorar a resistência à chuva, aumentando a solubilidade do herbicida na cutícula e aumentando o contato do herbicida na superfície da foliar para áreas de maior absorção (PENNER, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições experimentais

O experimento foi conduzido entre março e maio de 2024, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, RN, Brasil. Segundo dados do Araújo (2020), O município de Mossoró, localizado no Estado do Rio grande do Norte tem como características o clima semiárido e apresenta ao longo do ano altas temperaturas e poucas chuvas.

No experimento foi utilizado um solo da horta didática do mesmo departamento, em área sem histórico de aplicação de herbicidas, com textura arenosa, sob coordenadas geográficas 5°12'28.9"S de latitude e 37°19'05.2"W de longitude. O capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*) foi utilizado como objeto de pesquisa devido à sua relevância como planta daninha resistente em sistemas agrícolas. Para o experimento, as sementes utilizadas foram adquiridas na empresa Sementes AGC (SP, Brasil).

As sementes foram semeadas em bandeja de polietileno de 200 células, utilizando substrato comercial para garantir um ambiente propício ao desenvolvimento inicial das mudas. O substrato utilizado, composto por uma mistura balanceada de materiais orgânicos e minerais, proporciona uma base nutritiva adequada, além de garantir boas drenagem e aeração para as raízes das plantas, promovendo um crescimento saudável e uniforme durante a fase inicial de desenvolvimento. Em cada célula, foi semeado cerca de cinco a seis sementes de capim-pé-de-galinha, visando uma boa germinação.

Após a emergência das plantas foi realizado o desbaste, selecionando as plantas uniformes. Aos quinze dias após semeadura, quando as plantas estavam em média com 10 cm de altura, foi realizado o transplântio das mudas para um vaso de polietileno.

Cada unidade experimental corresponde a um vaso de polietileno, com capacidade para 0,3 dm³ de solo. Os vasos foram preenchidos com solo e foi adicionado uma muda de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*). A irrigação foi realizada diariamente, mantendo o solo próximo a capacidade de campo.

Quando as plantas atingiram o estágio de um a dois perfilhos (aproximadamente 30 dias após a semeadura) foi realizada a aplicação do herbicida glyphosate em suas respectivas doses: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 e 2.0 L.ha⁻¹ e com a adição dos seguintes tratamentos: Sem adjuvante, adjuvante comercial, adjuvante teste 1 e adjuvante teste 2. A aplicação foi realizada com auxílio

de um pulverizador costal Herbicat®, equipado com uma barra com quatro pontas XR 110 02, espaçadas a 50 cm. A pressão de pulverização foi de 300 kpa e o volume da calda consistiu em 200L/ha

3.2 Design experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema Bifatorial, 8x5 com 4 repetições. Os tratamentos foram: testemunha (sem aplicação de adjuvantes); adjuvante comercial na dose 50mL/100 L; adjuvante teste 1 na dose 0,5 L ha⁻¹; adjuvante teste 1 na dose 1,0 L ha⁻¹; adjuvante teste 1 na dose 1,5 L ha⁻¹; adjuvante teste 2 na dose 0,5 L ha⁻¹; adjuvante teste 2 na dose 1,0 L ha⁻¹ e adjuvante teste 2 na dose 1,5 L ha⁻¹. Todos os tratamentos com adjuvantes e o tratamento sem adjuvante foram submetidos a doses (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha⁻¹) de glyphosate. Dessa forma, com combinação de 8 tratamentos adjuvantes + 1 tratamento de herbicida em 5 doses, em quatro repetições, totalizou 160 unidades experimentais.

3.3 Avaliação de fitotoxicidade do glyphosate no capim-pé-de-galinha

Os sintomas visuais de fitotoxicidade foram avaliados no capim-pé-de-galinha, aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) do herbicida glyphosate. Para isso, foram atribuídas notas com base na observação visual dos sintomas característicos causados pelo herbicida glyphosate, seguindo escala de notas de 0 a 100, em que 0 representa a ausência total de sintomas e 100, a morte da planta. A escala utilizada para avaliação visual de intoxicação das plantas pelo herbicida foi da SBPCPD (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas) adaptada por Yamashita e Guimarães (2006) (Tabela 2).

Tabela 1. Escala de notas utilizada para avaliação visual de intoxicação das plantas pelo herbicida.

Conceito	Notas (%)	Observação
Muito leve	0-5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na cultura.
Leve	6-10	Sintomas nítidos, de baixa intensidade.
Moderada	11-20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.
Aceitável	21-35	Sintomas pronunciados, porém, totalmente tolerados pela cultura.
Preocupante	36-45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e sem expectativas de redução no rendimento econômico.

Alta	46-60	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico.
Muito alta	61-100	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico. Nota 100 para morte total da planta.

Fonte: Adaptado de SBCPD (1995).

3.4 Características avaliadas

Para avaliar a produção de biomassa do capim pé-de-galinha em condições de pós-aplicação, 28 dias após a aplicação (DAA), as plantas foram removidas dos vasos, e suas raízes foram lavadas em água corrente para eliminar o excesso de solo. Em seguida, o material vegetal foi colocado em sacos de papel e levado para secagem em estufa com circulação de ar forçada, a 60 °C, por um período de 72 horas, até atingir peso constante. Após o processo de secagem, as amostras foram pesadas em uma balança de precisão (Bel®, modelo s2202H, Piracicaba, SP, Brasil), para a determinação da massa seca, visando avaliar os efeitos dos tratamentos na produção de biomassa.

3.5 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no software RStudio (versão 2023.06.1+524). Foi verificado a normalidade dos dados e a homogeneidade da variância submetendo os dados à análise de variância (ANOVA). Quando o valor de F foi significativo ($p < 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fitotoxicidade do capim-pé-de-galinha

A espécie de capim-pé-de-galinha apresentou diferentes níveis de intoxicação. Foram observados sintomas de intoxicação que variaram de leve a muito alta em todos os tratamentos avaliados, com exceção do tratamento testemunha sem presença do herbicida, que não demonstrou sintomas de fitotoxicidade. Esses resultados confirmam a alta sensibilidade do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) ao glyphosate, manifestando sintomas de fitotoxicidade como clorose, necrose e inibição do crescimento, especialmente em estágios iniciais de desenvolvimento (SILVA et al., 2018).

Sete dias após a aplicação das diferentes doses de glyphosate, observou-se que a fitotoxicidade no capim-pé-de-galinha aumenta proporcionalmente à dose aplicada em todos os tratamentos. O tratamento só com herbicida, apresentou até 36% de fitotoxicidade na dose de 1,5 L.ha⁻¹, enquanto o adjuvante comercial atingiu 38% na dose máxima de 2 L.ha⁻¹, situando-se na faixa "preocupante". O adjuvante teste 1 mostrou fitotoxicidade variando de aceitável (na dose máxima de 2 L.ha⁻¹, associado aos tratamentos 1,0 e 1,5 L.ha⁻¹ do adjuvante) á preocupante na dose de 0,5 L.ha⁻¹ do herbicida. O adjuvante teste 2 apresentou fitotoxicidade aceitável em todos os tratamentos aos 7DAA. Os resultados indicam que a adição de adjuvantes aumentaram a fitotoxicidade em relação à testemunha, mas, na maioria dos casos, os níveis ainda são aceitáveis até a dose de 1,5 L.ha⁻¹ (Figura 2).

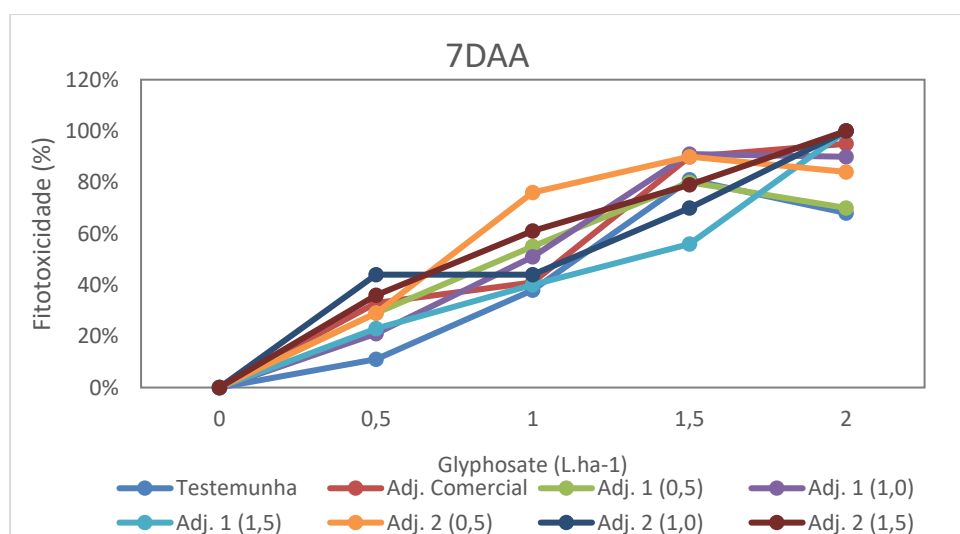


Figura 2: Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), nos dias 7 após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha⁻¹ de glyphosate.

Aos 14DAA do herbicida glyphosate, a fitotoxidade no capim-pé-de-galinha continuou a aumentar. O tratamento só com herbicida apresentou fitotoxidade de até 39% na dose de 1,5 L.ha⁻¹, mostrando um efeito mais preocupante em comparação à avaliação de 7 dias. O adjuvante comercial alcançou uma fitotoxidade de 45% na dose de 2 L.ha⁻¹, permanecendo na faixa "preocupante", sugerindo que está havendo um impacto potencial no desenvolvimento da planta. O adjuvante teste 1, em doses mais altas, registrou fitotoxidade preocupante (variando de 39% a 45%), particularmente nas doses 1,5 e 2 L.ha⁻¹ do herbicida. O adjuvante teste 2 mostrou comportamento semelhante ao adjuvante teste 1, atingindo 45% na dose de 2 L.ha⁻¹ (Figura 3).

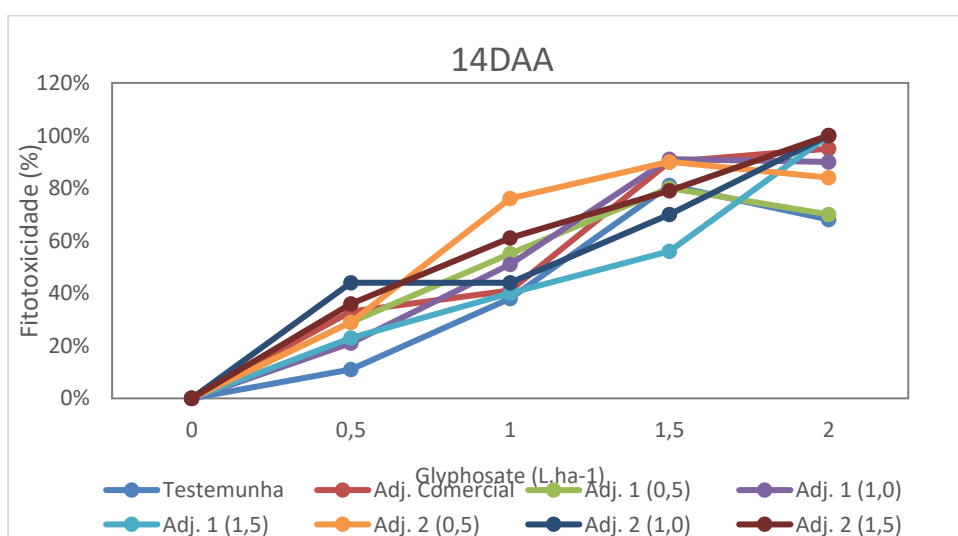


Figura 3: Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), aos 14 dias após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha⁻¹ de glyphosate.

Esses resultados corroboram com o que Silva et. Al (2020) descreveu que uso de adjuvantes associados ao glyphosate pode intensificar os sintomas de fitotoxidade em plantas daninhas, com aumento mais evidente em doses elevadas. Dessa forma, o herbicida em combinação com os adjuvantes favoreceu um aumento da fitotoxidade ao longo das avaliações, com uma tendência a sintomas mais acentuados a partir da dose 1 L.ha⁻¹. Assim, embora a maioria dos tratamentos se mantenha nas faixas "aceitável" a "preocupante", a dose de 2 L.ha⁻¹ em combinação com os adjuvantes eleva a fitotoxidade para níveis que podem comprometer o desenvolvimento do capim-pé-de-galinha.

21 DAA, observou-se um aumento significativo da fitotoxidade no capim-pé-de-galinha, especialmente nas doses mais altas. O tratamento só com herbicida apresentou 55% de fitotoxidade na dose de 1,5 L.ha⁻¹ e 43% em 2 L.ha⁻¹, indicando que, sem adjuvantes, a dose mais alta ainda gera efeitos consideráveis, classificados na falta de alta fitotoxidade. adjuvante

comercial, por outro lado, mostrou fitotoxicidade crescente com o aumento da dose, alcançando 76% em 2 L.ha⁻¹, classificando-se como "muito alta" e sugerindo um impacto severo no desenvolvimento da planta (Figura 4).

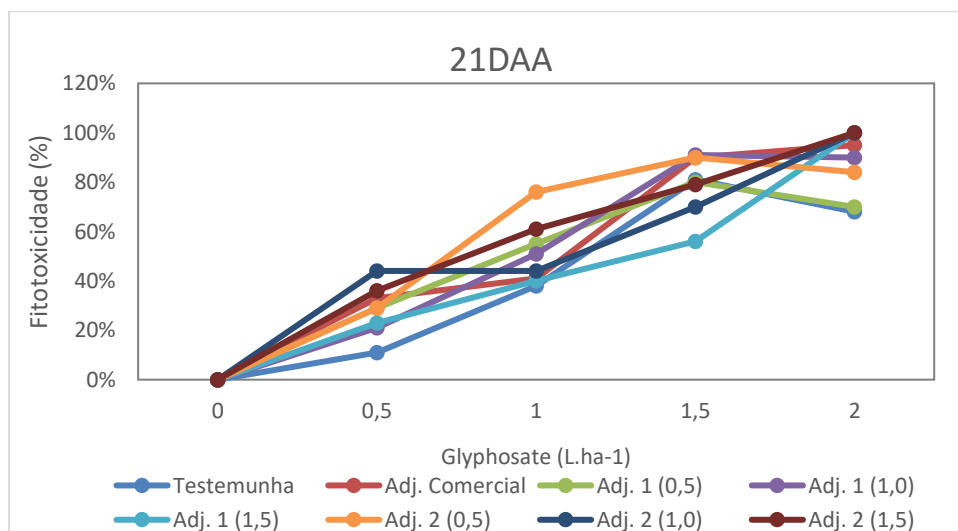


Figura 4: Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), aos 21 dias após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha⁻¹ de glyphosate.

Para os tratamentos com adjuvantes, o adjuvante teste 1 em dose de 1,5 L.ha⁻¹ registrou um valor expressivo de 86% de fitotoxicidade na dose máxima do herbicida (2 L.ha⁻¹). Já o adjuvante teste 2 na dose de 2 L.ha⁻¹ atingiu 76%. Em geral, os tratamentos com adjuvantes e doses elevadas de glyphosate apresentaram fitotoxicidade de alta a muito alta, indicando que os adjuvantes possivelmente estão favorecendo com que haja uma maior absorção e ocasionado um efeito tóxico do herbicida no mato ao longo do tempo. Esses dados sugerem que, embora a utilização de adjuvantes potencialize o controle do capim-pé-de-galinha, especialmente em doses mais altas, isso pode comprometer o desenvolvimento da planta, com sintomas de fitotoxicidade que podem impactar o seu rendimento.

A última avaliação ocorre aos 28 DAA, observou-se que a fitotoxicidade no capim-pé-de-galinha atingiu níveis muito altos em praticamente todos os tratamentos com doses mais altas de glyphosate, evidenciando controle efetivo em alguns casos. O tratamento sem adjuvante, alcançou 81% de fitotoxicidade na dose de 1,5 L.ha⁻¹ e 68% em 2 L.ha⁻¹, indicando uma resposta crescente ao herbicida, mas sem atingir 100%, o que sugere que o controle completo da planta daninha não foi alcançado (Figura 5). Segundo Oliveira et al. (2019), "o uso isolado de glyphosate em doses mais elevadas pode proporcionar um aumento nos sintomas de fitotoxicidade, mas muitas vezes sem alcançar o controle total da planta, especialmente em espécies resistentes".

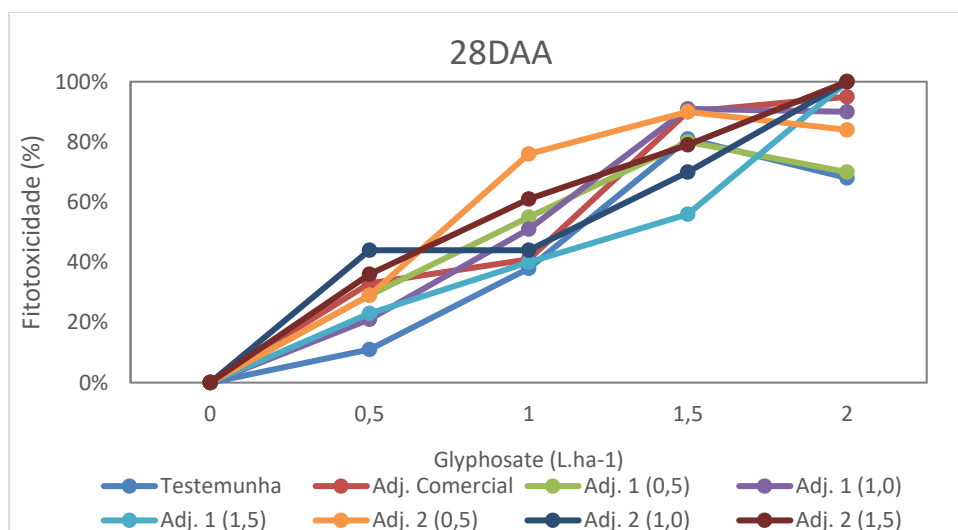


Figura 5: Sensibilidade do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), aos 28 dias após aplicação de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2 L.ha⁻¹ de glyphosate

Os tratamentos com o adjuvante comercial apresentaram um dos melhores desempenhos, com fitotoxicidade de 90% na dose de 1,5 L.ha⁻¹ e 95% em 2 L.ha⁻¹, próximos do controle total, demonstrando eficácia elevada. O adjuvante teste 1, na dose de 1,5 L.ha⁻¹, atingiu 100% de fitotoxicidade, indicando controle completo do capim-pé-de-galinha, enquanto o adjuvante teste 2 também alcançou 100% de controle nas doses de 1,5 e 2 L.ha⁻¹. Esses resultados corroboram a afirmação de Dias e Pereira (2021) de que "a associação de adjuvantes a herbicidas sistêmicos potencializa a eficácia do controle".

Dessa forma, esses achados reforçam a importância dos adjuvantes em potencializar a ação do glyphosate, já que, nas doses de 1,5 e 2 L.ha⁻¹, tanto o adjuvante teste 1 quanto o adjuvante teste 2 conseguiram alcançar controle total da planta, algo que a aplicação isolada do herbicida não foi capaz de realizar. Assim, conclui-se que a adição de adjuvantes é uma estratégia eficaz para maximizar o controle de capim-pé-de-galinha, especialmente em doses elevadas, permitindo o manejo eficiente e possivelmente reduzindo a necessidade de novas aplicações.

4.2 Avaliação de matéria seca do capim-pé-de-galinha

Os resultados indicaram que o controle do pé-de-galinha variou significativamente entre os diferentes tratamentos e doses aplicadas (Tabela 2). Observou-se que o tratamento testemunha (sem herbicida) apresentou a maior quantidade de matéria seca, o que é esperado, uma vez que a ausência de controle permitiu que as plantas de *Eleusine indica* crescessem sem limitações.

Tabela 2. Matéria seca (g) de *E. Indica* em reação a diferentes doses de glyphosate e os tratamentos com (ou sem) adjuvantes. Mossoró-RN, 2024.

Matéria seca (g) de <i>E. Indica</i>					
Tratamentos	Doses do herbicida L.ha ⁻¹				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Testemunha	0,84	0,59	0,29	0,12	0,17
Adj. Comercial	0,74	0,28	0,27	0,10	0,10
Adj. 1 (0,5)	0,55	0,29	0,19	0,14	0,16
Adj. 1 (1,0)	0,60	0,37	0,18	0,06	0,05
Adj. 1 (1,5)	0,63	0,50	0,28	0,18	0,00
Adj. 2 (0,5)	0,59	0,42	0,09	0,05	0,13
Adj. 2 (1,0)	0,68	0,36	0,26	0,17	0,00
Adj. 2 (1,5)	0,51	0,36	0,19	0,11	0,00

À medida que as doses de glyphosate aumentaram, especialmente quando combinadas com adjuvantes, houve uma redução significativa na matéria seca das plantas. Essa redução foram mais acentuada nas doses mais altas, especialmente em 1,5 e 2,0 L.ha⁻¹ (Tabela 2). Esses resultados evidenciam que o glyphosate é eficaz no controle de pé-de-galinha em pós-emergência. Essa relação positiva entre a dosagem e a eficácia do controle ressalta a importância de uma aplicação estratégica de herbicidas, onde a combinação de doses assertivas e a presença de adjuvantes potencializam o efeito herbicida, levando a um manejo mais eficiente do mato.

Dessa forma, foi-se observado que no tratamento com o adj. comercial, houve uma redução significativa na matéria seca das plantas de capim-pé-de-galinha quando foram aplicadas as doses de 0,5 a 2,0 L.ha⁻¹ de glyphosate, com valores que variam de 0,28 e 0,10 g de matéria seca (Tabela 2). Essa redução, provavelmente está intrinsecamente relacionada com as características do adjuvante, em potencializar a penetração do herbicida na planta.

No tratamento Adj. 1 (0,5 L.ha⁻¹), evidencia-se uma redução significativa da matéria seca, principalmente nas doses 1,5 e 2,0 L.ha⁻¹ do herbicida. No tratamento Adj. 1 (1,0 L.ha⁻¹), observou-se uma redução drástica na matéria seca, indicando uma forte interação entre o adjuvante e o glyphosate. Já na maior dosagem do adjuvante teste 1 (1,5 L.ha⁻¹), nota-se uma tendência similar as outras dosagens do adjuvante, porém, como uma maior eficiência no controle do pé-de-galinha na dosagem 2,0 L.ha⁻¹ do herbicida, ocasionando a morte da planta.

No tratamento Adj. 2 (0,5 L.ha⁻¹), observou-se uma leve redução na matéria seca, mas foi apenas a partir da dose de 1,0 L.ha⁻¹ de glyphosate que se percebeu uma diminuição mais

acentuada, indicando que o controle de plantas daninhas está sendo eficiente. Outrossim, nos tratamentos Adj. 2 (1,0 L ha⁻¹) e Adj. 2 (1,5 L ha⁻¹), a redução na matéria seca foi ainda mais pronunciada, indicando uma ação mais eficaz do adjuvante em conjunto com doses mais altas de glyphosate. Isso que sugere que o adjuvante teste 2 pode estar maximizando a absorção do herbicida ou interferindo no desenvolvimento da planta, levando a planta a morte (Tabela 2).

De forma geral, tanto o adjuvante teste 1 quanto o adjuvante teste 2 mostraram-se eficazes no controle do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), com reduções significativas na matéria seca das plantas tratadas com diferentes doses de glyphosate. Apesar das diferenças observadas nos resultados, a análise estatística não revelou variações marcantes entre os dois adjuvantes, indicando que ambos adjuvantes têm potencial similar para melhorar a eficácia do herbicida (Figura 6).

Outrossim, o adjuvante comercial também se mostrou eficiente na redução da biomassa das plantas daninhas, especialmente nas doses mais elevadas de glyphosate (Figura 6). Esses resultados corroboram com estudos anteriores, que destacam a importância dos adjuvantes na potencialização da ação dos herbicidas, por otimizar a adesão, espalhamento e absorção dos compostos ativos nas superfícies foliares (COSTA et al., 2019; SILVA et al., 2020).

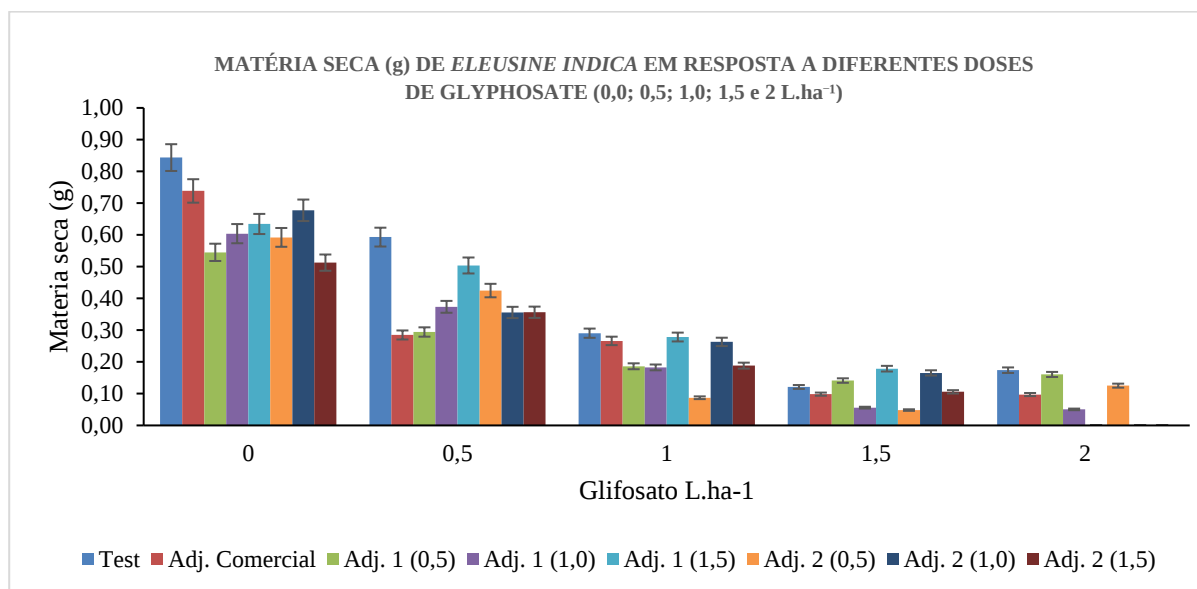


Figura 6: Produção de matéria seca (g) de *Eleusine indica* em resposta a diferentes doses de glyphosate (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 L.ha⁻¹) associado a adjuvantes em aplicação pós-emergente. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (barras de erro) de 4 réplicas.

4.3 Porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha em relação a testemunha

A análise da porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) revela que houve uma redução significativa da biomassa à medida que as doses de herbicida

aumentaram. Esse comportamento sugere uma correlação inversa entre a concentração do glyphosate e o acúmulo de biomassa nas plantas daninhas (Tabela 3).

Tabela 3. Análise da porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em relação à testemunha. Mossoró-RN, 2024.

% de matéria seca em relação a testemunha na redução da biomassa					
Tratamentos	Doses do herbicida L.ha ⁻¹				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Testemunha	100	70,32	34,43	14,37	20,63
Adj. Comercial	100	38,57	36,05	13,34	13,17
Adj. 1 (0,5)	100	53,98	34,17	25,93	29,45
Adj. 1 (1,0)	100	61,84	30,26	9,27	8,37
Adj. 1 (1,5)	100	79,39	43,88	28,17	0
Adj. 2 (0,5)	100	71,72	14,72	8,17	21,16
Adj. 2 (1,0)	100	52,51	38,84	24,41	0
Adj. 2 (1,5)	100	69,51	36,72	20,64	0

Segundo Loddo et al. (2020), a aplicação de glyphosate, mesmo em doses reduzidas, pode ser eficaz no controle de *Eleusine indica*. Neste estudo, foi observado que, na dose de 0,5 L ha⁻¹, a testemunha sem aplicação de adjuvante apresentou uma redução de 29,68% na matéria seca, alcançando 70,32% da biomassa em comparação ao valor inicial (100%). Esses resultados corroboram a afirmação de Loddo et al. (2020) de que a aplicação de glyphosate, mesmo em baixas concentrações, já causa interferências significativas no crescimento de *Eleusine indica*.

Quando se adicionou o adjuvante comercial em conjunto com o glyphosate, a redução da matéria seca foi ainda mais expressiva, atingindo 38,57% de biomassa remanescente, indicando que a adição do adjuvante potencializou a ação herbicida.

O mesmo comportamento foi observado com o adjuvante teste 1 e adjuvante teste 2, ambos aplicados em diferentes concentrações. Na dose de 0,5 L ha⁻¹ de glyphosate, a aplicação de 1,0 L ha⁻¹ do adjuvante teste 1 reduziu a matéria seca para 61,84%, enquanto a concentração de 0,5 L ha⁻¹ apresentou uma redução mais expressiva, com 53,98% da matéria seca inicial. Esses resultados mostram que o efeito sinérgico entre o herbicida e o adjuvante não depende apenas do tipo, mas também da dose utilizada, evidenciando a necessidade de ajustes de concentração para obter a máxima eficiência de controle.

Outrossim, nas doses mais elevadas de herbicida (1,5 e 2,0 L ha⁻¹), observou-se que a matéria seca foi severamente reduzida, chegando a 0,0% nos tratamentos com adjuvante teste

1 e 2 nas concentrações mais elevadas (1,0 e 1,5 mL L⁻¹), indicando controle total de *Eleusine indica*. Nessa conjuntura, em contraste, a testemunha nessas doses ainda manteve 14,37% e 20,63% de matéria seca, respectivamente, demonstrando que o herbicida aplicado isoladamente não foi capaz de eliminar completamente a planta daninha (Figura 7).

Esses resultados indicam que o uso de adjuvantes é fundamental para aumentar a eficácia do glyphosate, especialmente em doses mais baixas do herbicida. O adj. comercial, por exemplo, reduziu a matéria seca para 13,17% na dose de 2,0 L ha⁻¹, em comparação aos 20,63% observados no tratamento controle, reforçando sua contribuição para o controle do capim-pé-de-galinha.

Além disso, ao comparar os adjuvantes, o adjuvante teste 1 apresentou um controle mais consistente em todas as doses e concentrações, sugerindo que este produto possivelmente possui características de formulação que promovem melhor absorção e translocação do herbicida na planta. O adjuvante teste 2, por outro lado, foi mais eficaz nas concentrações mais altas, atingindo controle total na dose de 2,0 L ha⁻¹, como é observado na figura 7.

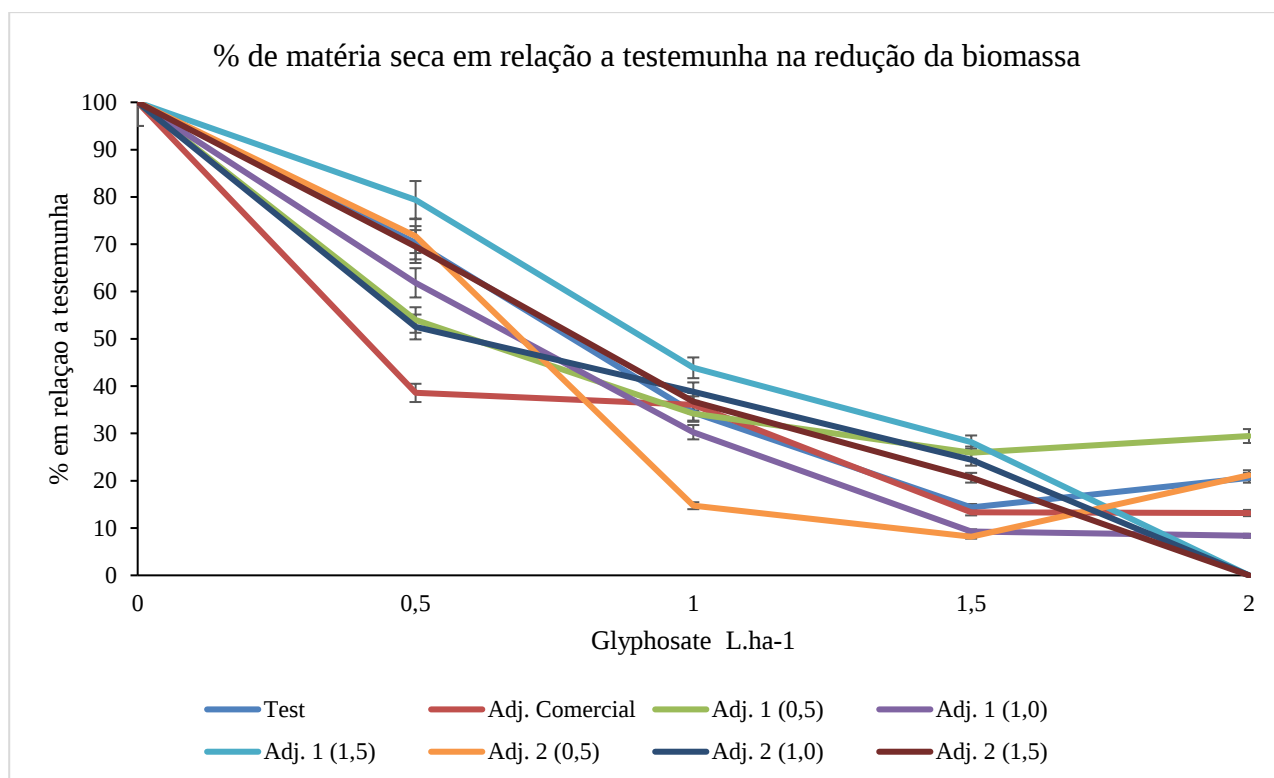


Figura 7: Análise da porcentagem de matéria seca do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em relação à testemunha em aplicação pós-emergente de diferentes doses de glyphosate (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 L.ha⁻¹) associado a adjuvantes em aplicação pós-emergente. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (barras de erro) de 4 réplicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação sobre a eficiência de adjuvantes associados ao herbicida glyphosate no controle pós-emergência de *Eleusine indica* permitiu compreender melhor o comportamento dessa planta daninha frente a diferentes combinações de adjuvantes e herbicida. Os resultados mostraram que o glyphosate, aplicado em doses crescentes, especialmente nas dosagens de 1,5 e 2,0 L ha⁻¹, em combinação com adjuvantes, foi altamente eficaz no controle da planta. Adjuvantes 1 e 2 potencializaram a absorção e translocação do herbicida, resultando na morte total das plantas em alguns tratamentos e na redução significativa da matéria seca nas doses mais elevadas. A interação entre os adjuvantes e o glyphosate, especialmente a redução de pH e a diminuição da tensão superficial das gotas de pulverização, foi crucial para maximizar o controle de *E. indica*. Portanto, o uso de adjuvantes combinados com glyphosate é uma estratégia promissora para a eficiência no controle de *Eleusine indica*, embora estudos adicionais sejam necessários para validar essa prática em outras condições de solo e clima.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. F.; FERREIRA, A. M.; SILVEIRA, A. R. Impactos das plantas daninhas na agricultura moderna. **Revista de Agronomia**, v. 31, n. 2, p. 45-58, 2018.
- ALMEIDA, F. S.; SANTOS, A. M.; PEREIRA, M. M. Eficácia do glyphosate no controle de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 20, n. 3, p. 245-252, 2021.
- CARVALHO, L. B. **HERBICIDA**. 1ª ed. Editado pelo autor: Lages-SC, 2013.
- CARVALHO, L. B.; CAVALIERI, S. D.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Associação de herbicidas com adjuvantes: influência na absorção e translocação do glifosato em biótipos de *Conyza bonariensis*. **Agrarian Research**, v. 10, n. 8, p. 441-447, 2013.
- CARVALHO, L. B.; NICOLAI, M.; LOPES, C. Avaliação da eficiência do glyphosate em diferentes culturas. **Agrarian Research**, v. 10, n. 2, p. 55-63, 2019.
- CARVALHO, P. N.; GOMES, F. M. Resistência de plantas daninhas ao glyphosate: impactos e estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Herbologia**, v. 17, n. 1, p. 12-23, 2018.
- CARVALHO, RG (Org.). *Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento*. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2022.
- CARVALHO, R. T.; FERREIRA, D. S.; SOUZA, L. P. Boas práticas no uso de herbicidas: escolha e aplicação. **Revista Brasileira de Herbologia**, v. 13, n. 1, p. 98-110, 2023.
- CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; SILVA, A.F.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; ASPIAZU, I. Ciência das plantas daninhas: histórico, biologia, ecologia e fisiologia. In: MONQUEIRO, P.A. (Org.). **Apectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: Rima Editora, 2014. p. 01-29.
- COSTA, M. C.; PIRES, F. R.; VELINI, E. D. Adjuvantes e surfactantes na eficiência de herbicidas. **Revista de Plantas Daninhas**, v. 37, n. 4, p. 817-825, 2019.
- DECHENE, A. et al. Sorption and degradation of 16 pesticides in four contrasting soils from Denmark. **Geoderma**, v. 219-220, p. 25-36, 2014.
- DE OLIVEIRA, Maurílio Fernandes; BRIGHENTI, Alexandre Magno. Comportamento dos herbicidas no ambiente. **Embrapa**, Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2011.
- DIAS, J. P.; PEREIRA, M. L. Adjuvantes e sua eficácia em associações com herbicidas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 45, p. 89-97, 2021.

- DUKE, S.; MONTGOMERY, L.; HARRIS, J. A importância da relação entre pH e pKa na dinâmica de herbicidas no solo. **Journal of Environmental Science**, v. 25, n. 3, p. 150-158, 2019.
- DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.
- FERNANDES, M. S.; SANTOS, A. S.; SILVA, R. Efeitos do glyphosate em sistemas de cultivo. **Revista de Plantas Daninhas**, v. 35, e017174, 2017.
- FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. Glyphosate: a unique global herbicide. ACS Monograph 189. Washington, DC: **American Chemical Society**, 1997.
- GOMES, R. A.; ALMEIDA, T. J.; SOUZA, J. R. Aplicação e eficácia de herbicidas em pós-emergência: uma análise prática. **Jornal de Agricultura e Tecnologia**, v. 30, n. 1, p. 88-99, 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mossoró (RN). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>. Acesso em: 31 out. 2024.
- HOLM, L.G.; PLUCKNETT, D.L.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P. The world's worst weeds. **Agricultural Sciences**, University Press, 1977. 609 p.
- KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 3.ed. São Paulo: BASF, 2007.
- LODDO, Donato et al. First Report of Glyphosate-Resistant Biotype of Eleusine Indica (L.) Gaertn. in Europe. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. 1692, 2020. DOI: 10.3390/agronomy10111692.
- LOPES, J. A.; OLIVEIRA, R. B.; MENDES, J. C. Perdas de produção associadas a plantas daninhas: uma revisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 123-134, 2005.
- LOPES, W. D.; PEREIRA, C. L.; GOMES, A. N. Competição de Eleusine indica com culturas agrícolas. **Agronomia Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 150-159, 2020.
- LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil**, 4ª. edição, Nova Odessa-SP, 2008. MATZRAFI, M.; GADRI, Y.; FRENKEL, E.; RUBIN, B.; PELEG, Z. Evolution of herbicide resistance mechanisms in grass weeds. *Plant Science*, n.229, p. 43–52. 2014.
- MARTINS, V. L.; FONSECA, D. L.; ALMEIDA, J. P. Comparação de métodos de controle de plantas daninhas na agricultura moderna. **Revista de Tecnologia Agropecuária**, v. 25, n. 1, p. 78-89, 2023.
- MARTINS, V. C.; PEREIRA, A. F.; FERREIRA, L. S. Estratégias de aplicação de herbicidas: pré e pós-emergência. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 46, n. 2, p. 132-143, 2021.

MENDES, A. C.; ALMEIDA, D. B. Adjuvantes em caldas de pulverização: como atuam e benefícios. **Ciência Agrícola**, v. 15, n. 2, p. 210-221, 2019.

MILLER, C. T.; BRADLEY, P. M.; CHAPELLE, F. H. Hydrophobic organic contaminants and their behavior in soil environments. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 15, p. 8725-8732, 2015.

MILLER, T.; DAVIS, K.; WILSON, R. Relação entre a solubilidade em água e o coeficiente de partição Octanol-Água (Kow) em herbicidas. **Journal of Agricultural Chemistry**, v. 15, n. 3, p. 200-210, 2015.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C.; SILVA, P. V. Impacto da competição de plantas daninhas na produtividade agrícola. **Planta Daninha**, v. 35, n. 1, p. 34-42, 2017.

OLIVEIRA, João Victor de. **ADIÇÃO DE DIFERENTES CLASSES DE ADJUVANTES NAS APLICAÇÕES DO HERBICIDA GLUFOSINATO**. 2021. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2021.

OLIVEIRA, M. C.; FREITAS, M. M.; MARTINS, R. D. Efeito das plantas daninhas na produtividade das culturas. **Agronomia em Foco**, v. 22, n. 3, p. 112-123, 2020.

OLIVEIRA, S. C.; ALMEIDA, R. J.; COSTA, D. R. Controle de plantas daninhas resistentes ao glyphosate: o papel dos adjuvantes. **Journal of Weed Science**, v. 67, p. 101-109, 2019.

PEREIRA, L. A.; RIBEIRO, T. M.; MELO, C. A. Eficiência do controle químico de plantas daninhas: métodos e tecnologias. **Jornal de Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 45-59, 2022.

PEREIRA, M. J.; SANTOS, V. A.; SOUZA, J. M. Efeitos das plantas daninhas sobre o rendimento das culturas. **Agricultura em Foco**, v. 25, n. 4, p. 76-85, 2019.

PETTER, G.; OLIVEIRA, M.; SOUZA, A. Comportamento de moléculas ácidas em diferentes pHs. **Journal of Soil Science**, v. 22, n. 4, p. 180-190, 2016.

PIAZZETA, H.; FIORINI, C. V.; MENDONÇA, E. A. Controle de plantas daninhas em culturas de grãos com o uso de glyphosate. **Journal of Agricultural Science**, v. 25, n. 1, p. 120-130, 2020.

HEAP, 1. The international herbicide-resistant weed database. Disponível em: www.weedscience.org. Acesso em: 20 out. 24.

PPDB. **Pesticide Properties DataBase**. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>. Acesso em: 1 out. 2023.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2018.

RODRIGUES, J. H.; ALMEIDA, F. A.; GARCIA, C. L. Técnicas de aplicação de herbicidas: uma abordagem prática. **Revista de Tecnologia Agropecuária**, v. 27, n. 4, p. 234-247, 2022.

RODRIGUES, R. A.; SANTANA, G. S.; MARTINS, L. P. Uso de adjuvantes para aumentar a eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas. **Weed Science Journal**, v. 29, n. 4, p. 450-463, 2020.

SAMMONS, R. D.; GAINES, T. A. Glyphosate resistance: state of knowledge. **Pest Management Science**, v. 70, n. 9, p. 1367-1377, 2014.

SHANER, D. L. Herbicide Handbook. 10th Edition, **Weed Science Society of America, Lawrence**, 2014. 513 p.

SILVA, A. A.; FIALHO, C. M. T.; FERREIRA, L. R. Uso de adjuvantes em herbicidas: aspectos técnicos e aplicação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 135-147, 2020.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, E. A. **Herbicidas: fundamentos fisiológicos e bioquímicos do controle de plantas daninhas**. Viçosa: Editora UFV, 2006.

SILVA, J. A.; LIMA, P. M.; COSTA, A. C. Impacto do uso de herbicidas na agricultura monocultural. **Revista Brasileira de Herbologia**, v. 14, n. 2, p. 85-94, 2019.

SILVA, J. P.; SOUZA, C. R. Evolução da resistência de plantas daninhas ao glyphosate: impactos econômicos e manejo sustentável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. 2, p. 100-108, 2021.

SILVA, J. R.; CARVALHO, L. B.; SOUZA, A. P. Efeito de adjuvantes na eficiência do glyphosate no controle de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, p. 120-130, 2020.

SILVA, J. R.; OLIVEIRA, A. M.; PEREIRA, E. L. Impactos ambientais e riscos à saúde associados ao uso de herbicidas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 39, n. 2, p. 150-165, 2020.

SANTOS, L. R.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, R. T. Controle de plantas daninhas e manejo integrado: novas abordagens. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 41, n. 3, p. 210-225, 2023.

SILVA, M. G.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, C. A.; FERREIRA, M. C. Sensibilidade de Eleusine indica ao glyphosate em diferentes estágios fenológicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 3, p. 265-274, 2018.

SILVA, M. L.; GOMES, H. C.; RIBEIRO, D. S. Manejo integrado de plantas daninhas: desafios e perspectivas. **Agricultura e Desenvolvimento**, v. 25, n. 4, p. 45-55, 2019.

SILVA, R. A.; COSTA, J. F.; OLIVEIRA, S. E. Desafios no controle de plantas daninhas: uma revisão atualizada. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 37, n. 2, p. 104-115, 2021.

SOARES, A. L.; CARVALHO, M. F.; NUNES, R. C. Aspectos econômicos e práticos do controle químico de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbologia**, v. 12, n. 4, p. 200-210, 2024.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Adsorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, v. 23, n. 3, p. 229-234, 1975.

TAKANO, H.K.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; GHENO, E.A. Goosegrass resistant to Glyphosate in Brazil. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 35:e017163071, 2017.

TANGTONG, C. The impact of herbicide properties on their behavior in the environment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 6, p. 1415-1424, 2014.

VELINI, E. D.; BAZZANO, R. S.; CARRIÃO, C. D. Controles e perdas agrícolas relacionados às plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbologia**, v. 10, n. 3, p. 200-210, 2011.

VYAS, H.; PATEL, V.; CHAUHAN, B. Effect of herbicide volatilization on efficacy and safety. **Journal of Environmental Science**, v. 24, n. 4, p. 431-439, 2017.

VYAS, A.; GUPTA, R.; SHARMA, P. Efeito da volatilização de produtos químicos no meio ambiente. **Journal of Environmental Management**, v. 200, n. 4, p. 45-52, 2017.

WANG, H.; KELLER, A. A. Sorption and transport of selected herbicides in agricultural soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 38, n. 2, p. 452-463, 2009.

WU, Y.; ZHANG, L.; LI, H. Efeito do pH e do pKa na mobilidade de herbicidas ácidos fracos. **Soil and Water Research**, v. 13, n. 2, p. 97-104, 2018.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. Glyphosate: aplicações e complexidades do uso. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 455-462, 2007.

YOUNG, C. T.; HARVEY, J. P.; WILLIAMS, J. R. Octanol-water partition coefficients and their implications for pesticide movement. **Journal of Agricultural Chemistry**, v. 61, n. 5, p. 1123-1132, 2013.

YOUNG, R.; SMITH, J.; JOHNSON, L. Avaliação do coeficiente de partição Octanol-Água (Kow) para herbicidas. **Environmental Chemistry**, v. 10, n. 2, p. 123-130, 2013.