



ACESSO ABERTO

Data de Recebimento:

22/05/2024

Data de Aceite:

28/08/2024

Data de Publicação:

02/09/2024

***Autor correspondente:**

Vítor Matheus Morais de Oliveira, graduação em andamento, Rua Antônio Geraldo Gomes, número 41 - Vila Gomes, Campina do Monte Alegre - SP. (15) 981376544 ; moraisvitor882@gmail.com.

Citação:

OLIVEIRA, V.M.M et al. REfeitos do Glifosato na emergência das sementes de *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae). **Revista Multidisciplinar em Educação e Meio Ambiente**, v. 5, n. 3, 2024. <https://doi.org/10.51161/integrar/rema/4399>

DOI: 10.51161/integrar/rema/4399

Editora Integrar© 2024.

Todos os direitos reservados.

EFEITOS DO GLIFOSATO NA EMERGÊNCIA DAS SEMENTES DE *EUGENIA UNIFLORA* L. (MYRTACEAE)

Vítor Matheus Morais de Oliveira^a, Ana Luiza Crozara Massa^b, Yasmin Beatriz Tomé da Silva^c, Suellen da Fonseca Albuquerque^d, Maria Heloisa Chimento Costa^e

^a Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos campus Lagoa do Sino. Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 Bairro Aracaçú - Buri - São Paulo - Brasil;

^b Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos campus Lagoa do Sino. Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 Bairro Aracaçú - Buri - São Paulo - Brasil;

^c Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos campus Lagoa do Sino. Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 Bairro Aracaçú - Buri - São Paulo - Brasil;

^d Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos campus Lagoa do Sino. Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 Bairro Aracaçú - Buri - São Paulo - Brasil;

^e Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos campus Lagoa do Sino. Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189 Bairro Aracaçú - Buri - São Paulo - Brasil.

RESUMO

Em ambientes com extensa produção agrícola, a vegetação nativa está sujeita à contaminação por herbicidas, tanto diretamente quanto indiretamente. O glifosato é um dos herbicidas não seletivos mais amplamente utilizados globalmente e possui uma aplicação extensiva no Brasil. Devido à sua natureza como defensivo de amplo espectro e classificação como sistêmico, seu efeito adverso nas plantas é evidente. *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), popularmente conhecida como pitanga, é uma planta nativa da América do Sul, e desempenha extrema importância tanto econômica quanto ecológica. O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos do glifosato na emergência das sementes de pitanga. A metodologia adotada consistiu na exposição de sementes germinadas em papel Germitest a diferentes concentrações de glifosato (0,5, 0,75 e 1 g L⁻¹). Os resultados obtidos revelaram que não houve efeito significativo do glifosato na taxa de emergência das sementes de pitanga. Entretanto, observou-se uma redução na velocidade de emergência das sementes expostas a concentrações iguais ou superiores a 0,75 g L⁻¹, atribuída ao aumento das atividades das enzimas catalisadoras de peróxido de hidrogênio, as quais inibiram a sinalização para o início da germinação. Além disso, o glifosato ocasionou uma diminuição no comprimento radicular, possivelmente interferindo na produção de auxinas e no ciclo celular. Conforme os resultados obtidos, o glifosato afeta diretamente tanto a velocidade de emergência quanto o comprimento radicular das sementes de

pitanga. As concentrações usadas neste estudo são consideravelmente menores do que aquelas tipicamente aplicadas em campo, representando um risco para a diversidade da flora nativa.

Palavras chaves: Atividade fitotóxica; defensivo de amplo espectro; herbicidas; Inibição enzimática

ABSTRACT

In environments with extensive agricultural production, native vegetation is susceptible to contamination by herbicides, both directly and indirectly. Glyphosate is one of the most widely used non-selective herbicides worldwide, and is extensively applied in Brazil. Due to its nature as a broad-spectrum systemic pesticide, its adverse effects on plants are evident. *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), commonly known as pitanga, is a native plant of South America, playing significant economic and ecological roles. This study aimed to investigate the effects of glyphosate on pitanga seed emergence. The methodology involved exposing germinated seeds on Germitest paper to different concentrations of glyphosate (0.5, 0.75, and 1 g L⁻¹). The results revealed no significant effect of glyphosate on the seed emergence rate of pitanga. However, a reduction in emergence speed was observed in seeds exposed to concentrations of 0.75 g L⁻¹ or higher, attributed to increased activities of hydrogen peroxide catalyzing enzymes, which inhibited signaling for germination initiation. Additionally, glyphosate caused a decrease in root length, potentially interfering with auxin production and the cell cycle. According to the findings, glyphosate directly affects both the emergence speed and root length of *E. uniflora* seeds. The concentrations used in this study are considerably lower than those typically applied in the field, posing a risk to native flora diversity.

Keywords: Phytotoxic activity; broad-spectrum pesticide; herbicides; enzymatic inhibition

1 INTRODUÇÃO

O glifosato destaca-se como um dos herbicidas não seletivos mais amplamente utilizados no Brasil, com cerca de 217 mil toneladas adquiridas em 2021, principalmente para o manejo nas culturas transgênicas de soja e milho (Oliveira, Agostinetti, Sieglöcher, 2021). Este herbicida de amplo espectro [C₃H₈NO₅] é absorvido pelas folhas, troncos e raízes das plantas, agindo como um herbicida sistêmico ao atuar na inibição da enzima EPSPS (5-Enolpiruvilchiquimato-3-Fosfato Sintase) presente na via do ácido chiquímico (Khan et al., 2020; Gomes et al., 2017).

Nesse sentido, Khan et al. (2020) observaram uma redução da taxa de emergência das sementes de tomate ao aplicarem concentrações acima de 10 mg / Kg. Além disso, estudos também destacam que esse composto pode provocar a diminuição da altura da planta, clorose foliar, necrose tecidual e redução no peso seco dos brotos (Cruz et al., 2021; Gomes et al., 2017).

Em ambientes com extensa produção agrícola, a vegetação nativa está sujeita à contaminação por herbicidas, tanto de forma direta quanto indireta. É relevante salientar que, em fragmentos florestais, o glifosato pode penetrar até oito metros dentro desses fragmentos devido à deriva durante a aplicação em plantas daninhas (Braian et al., 2017).

A *Eugenia uniflora* L., conhecida popularmente como pitanga, é uma planta nativa da América do Sul, pertencente à família Myrtaceae, e possui uma ampla distribuição no Brasil, desde o Nordeste (Bahia) até o Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul), passando pelo Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (Bezerra et al., 2018).

A pitanga desempenha um papel significativo na recuperação de áreas perturbadas de mata ciliar,

pois atrai a fauna dispersora, promovendo a chegada de propágulos de diferentes espécies e fomentando a diversidade na área (Avila et al., 2011).

Embora existam muitos estudos sobre o impacto do glifosato em organismos não-alvo, poucos abordam sua toxicidade em espécies nativas (Cruz et al., 2021; Oliveira et al., 2021; Silva et al., 2019; Silva et al., 2022). Estudos indicam que herbicidas podem comprometer a vegetação nativa, afetando a regeneração dos ecossistemas (Boutin et al., 2014; Egan, et al., 2014). A pitanga foi escolhida por sua ampla distribuição e importância ecológica na recuperação de áreas naturais, além de seu uso econômico, medicinal e farmacológico (Kuhn et al., 2015; Scalon et al., 2001). Apesar de já ter sido estudada quanto aos efeitos do glifosato na sua fisiologia, anatomia e morfologia (Cruz et al., 2021), não há estudos sobre seus efeitos na emergência das sementes.

Portanto, este estudo propõe-se a analisar o efeito do glifosato na emergência de sementes de pitanga, com o intuito de compreender os possíveis efeitos adversos para essa espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das Sementes de Pitanga

As sementes de pitanga foram extraídas de frutos maduros coletados das árvores localizadas dentro do campus da universidade. Após a colheita, os frutos foram despulpados e as sementes foram lavadas com água corrente para remover completamente a polpa. Em seguida, as sementes foram deixadas para secar à sombra por um período de 3 dias.

Antes do início do experimento, as sementes foram esterilizadas utilizando o fungicida Vitavax, na proporção de 500 mL do produto para 100 kg de sementes. Esta solução foi preparada pela diluição do composto em água destilada na proporção de 1:1.

2.2 Herbicida selecionado

O poluente selecionado foi o Glifosato da marca comercial chamada “Xequê Mate”, adquirido com o apoio da instituição parceira com a universidade onde foi realizado o experimento.

2.3 Emergência das sementes de pitanga

As sementes foram distribuídas em quatro tratamentos distintos, correspondentes às concentrações de glifosato utilizadas no experimento: 0,5, 0,75 e 1 g L⁻¹, além do grupo controle. O teste de emergência foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para cada tratamento, foram utilizadas 25 sementes de pitanga, dispostas uniformemente sobre duas folhas de papel Germitest e cobertas por outra folha do mesmo. Em seguida, as folhas foram umedecidas com as diferentes concentrações de glifosato e enroladas. Após essas etapas, as unidades experimentais foram mantidas em temperatura e iluminação ambiente.

A contagem de emergência das sementes foi realizada ao longo de um período de 30 dias, enquanto os papéis eram diariamente umedecidos com água destilada para manter a umidade. Após o período especificado, as sementes com raízes medindo 2 mm foram consideradas emergidas. Posteriormente, foram calculados a taxa de emergência das sementes, o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e o comprimento das raízes.

2.3.1 Taxa de Emergência

O cálculo da taxa de emergência das sementes foi realizado através dos métodos utilizados por Shahid et al. (2021), utilizando a seguinte equação:

$$\text{Emergência \%} = (\text{Número de sementes emergidas} \times 100) / \text{Número total de sementes}$$

2.3.2 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O Índice de Velocidade de Emergência (IVE) foi calculado através da metodologia utilizada por Carvalho & Carvalho (2009), utilizando a seguinte equação:

$$\text{IVE} = \sum (N_i / T_i)$$

Em que N_i é o número de sementes que emergiram no tempo “i” e T_i é o tempo após a instalação do teste.

2.3.3 Comprimento da Raiz

Para analisar o comprimento das raízes das sementes, realizou-se a medição utilizando uma régua milimétrica como ferramenta.

2. 4 Análise estatística

O experimento foi conduzido com três repetições para cada tratamento. Os dados coletados foram analisados utilizando o software R (versão 4.3.1). Inicialmente, a normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para os conjuntos de dados que não apresentaram distribuição normal, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. As medianas desses grupos foram então comparadas utilizando o teste de Dunn, com correção de Bonferroni, a um nível de significância de 5%.

Já para os conjuntos de dados que atenderam aos critérios de normalidade, foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey, com um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito significativo entre as diferentes concentrações de glifosato na emergência das sementes de pitanga ($p > 0,05$). Observou-se valores similares para todos tratamentos, sendo o controle com a maior taxa de emergência entre os tratamentos (Tabela 1). Esses resultados também foram encontrados por Gomes et al. (2019), que utilizou diferentes concentrações de glifosato na germinação de milho (0,5, 25 e 50 mg / L), não obtendo diferenças significativas entre a taxa de emergência das sementes. Outros estudos também obtiveram os mesmos resultados ao utilizarem diferentes contaminantes, tais como os de Bellino et al. (2018) & Pino et al. (2016).

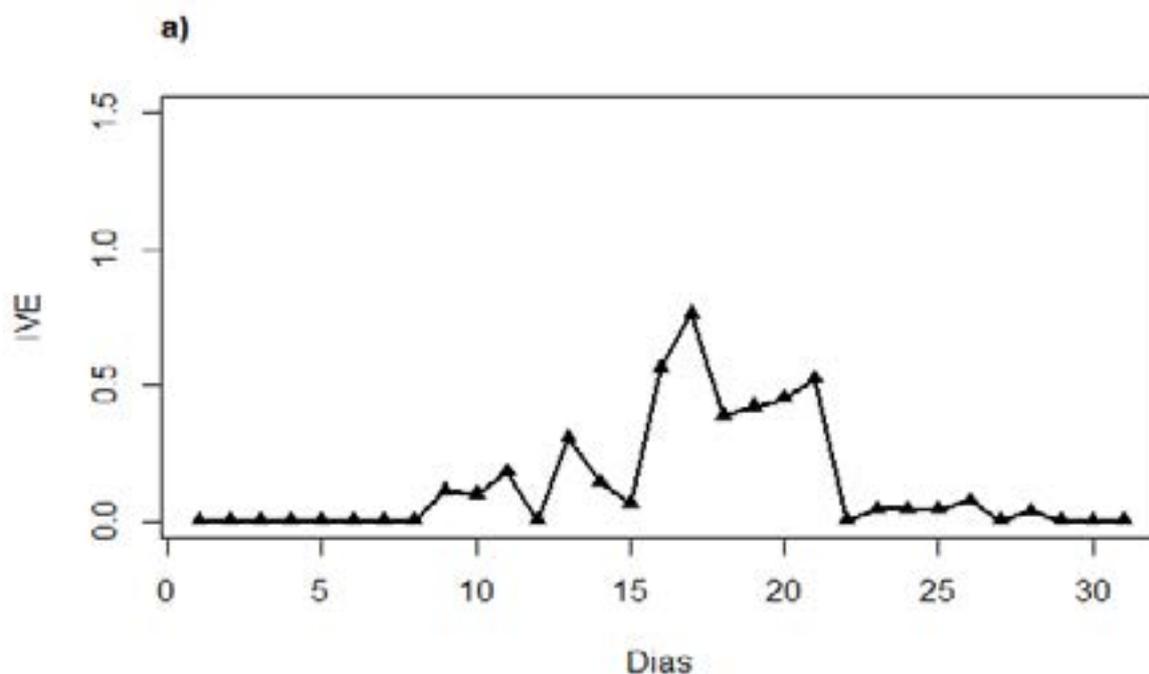
Tabela 1 - Tabela de porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência em sementes de pitanga tratadas com diferentes concentrações de glifosato.

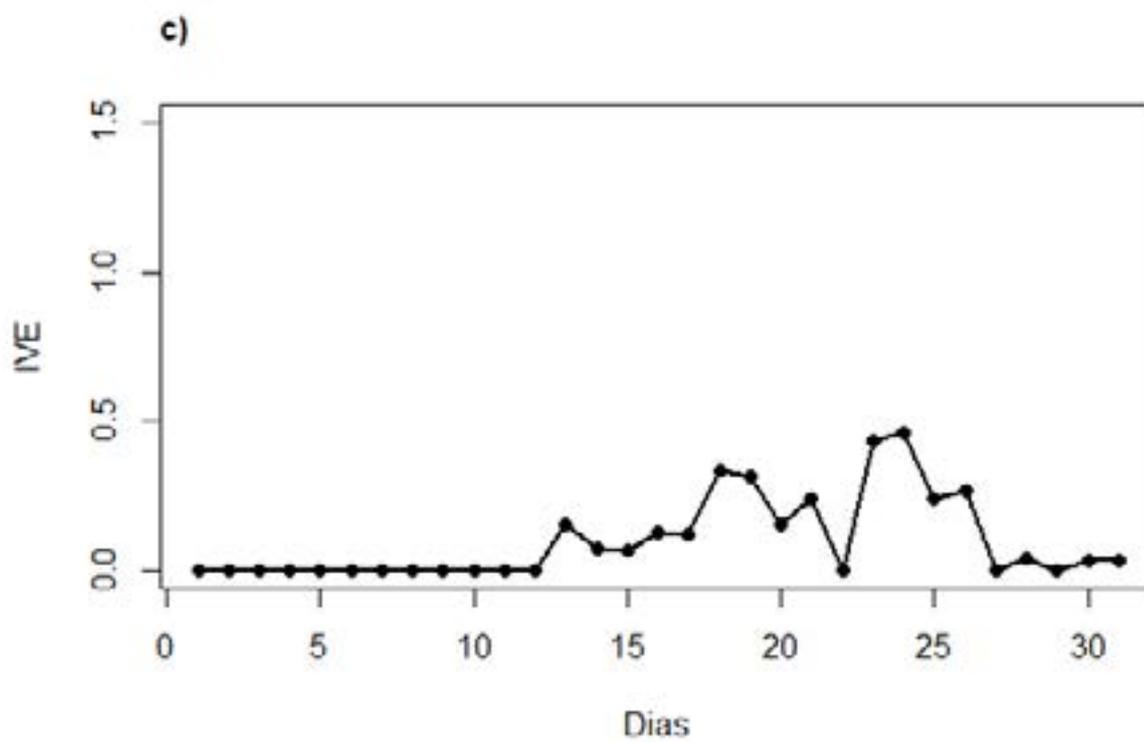
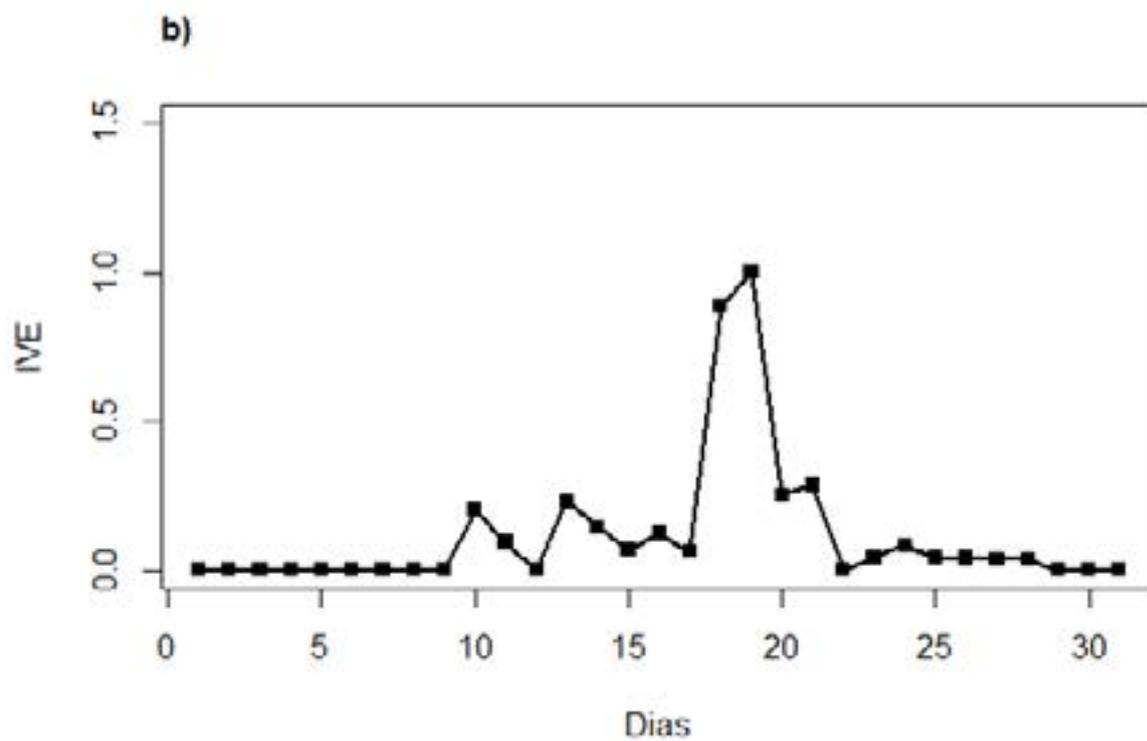
Tratamentos	% Emergência	IVE
0,5 g L ⁻¹	86,67% a	3,6 ab
0,75 g L ⁻¹	86,67% a	3 a
1 g L ⁻¹	92,00% a	3,2 a
Controle	98,67% a	4,35 b
C.V	6,25%	16,24 %

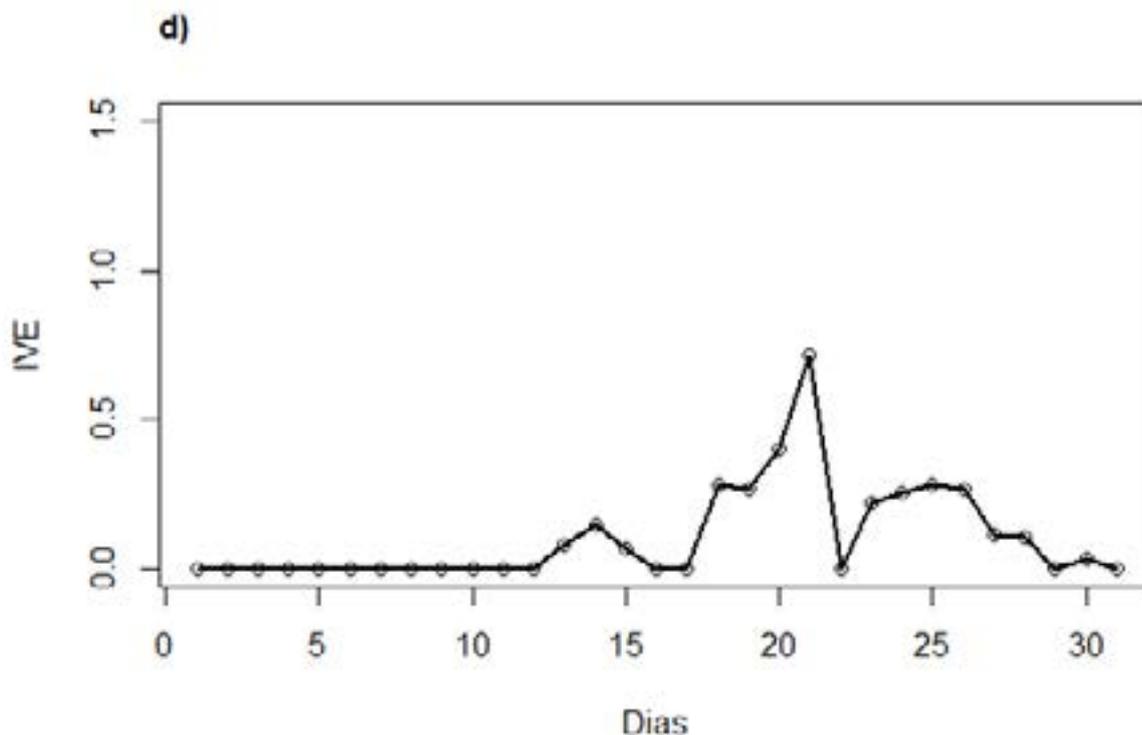
Medianas (% Emergência) e Médias (IVE) seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Kruskal- Wallis e teste de Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente.

Nesse sentido, as sementes de pitanga podem ser consideradas resistentes ao glifosato, no entanto, deve-se ressaltar que mesmo não afetando a porcentagem de emergência das sementes, esse produto químico pode afetar diretamente na velocidade de emergência das mesmas (Gomes et al., 2019). Essa afirmação pode ser observada no presente estudo, onde foi observado diferenças estatísticas entre os tratamentos em relação à velocidade de emergência das sementes de pitanga ($p > 0,05$). Os tratamentos com concentrações de 0,75 g L⁻¹ e 1 g L⁻¹ exibiram diferenças significativas em relação ao grupo controle do experimento ($p < 0,05$), demonstrando um índice de velocidade de emergência (IVE) inferior em comparação com o tratamento controle, conforme a figura 1 e a tabela 1. No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos de 0,5, 0,75 e 1 g L⁻¹ ($p > 0,05$).

Figura 1 - Índice de velocidade de emergência das sementes de pitanga submetidas a diferentes tratamentos, onde, a) grupo controle, b) 0,5 g L⁻¹, c) 0,75 g L⁻¹ e d) 1 g L⁻¹.







O atraso na velocidade de emergência das sementes de pitanga pode ser justificado pelo estudo conduzido por Gomes et al. (2019), que observou o aumento das atividades das enzimas Catalase e Ascorbato Peroxidase, responsáveis pela degradação do H₂O₂ em sementes de milho, sujeitas a diferentes tratamentos com glifosato. Sob condições fisiológicas, os radicais livres, especialmente o peróxido de hidrogênio, atuam como um sinalizador para o início da germinação (Wojtyla et al., 2016). Portanto, a degradação desse radical livre pode ocasionar a diminuição na velocidade de emergência das sementes de pitanga.

Uma outra explicação plausível para a diminuição na velocidade de emergência nos tratamentos com maiores concentrações de glifosato é que essas enzimas catalisadoras de H₂O₂ consomem ATP em suas atividades. Assim, devido ao aumento das atividades dessas enzimas, pode ter ocorrido uma privação de ATP para o desenvolvimento do embrião (Gomes et al., 2017).

Já o comprimento da raiz apresentou uma diminuição significativa com o aumento nas concentrações de glifosato ($p < 0,05$), conforme evidenciado na figura 2. Entretanto, as concentrações de 0,75 e 1 g L⁻¹ não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si ($p > 0,05$), conforme detalhado na tabela 2. Esses resultados corroboram com as constatações feitas por Vieira et al. (2024), que, ao submeter sementes de *Lactuca sativa* a diferentes concentrações de glifosato, observaram uma redução no comprimento das raízes. A menor concentração (1,34 mg/L) resultou em uma diminuição de 58%, enquanto a concentração mais elevada (13,40 mg/L) ocasionou uma redução de aproximadamente 81%.

Figura 2 - Comprimento da raiz em sementes de pitanga submetidas a diferentes concentrações de glifosato.

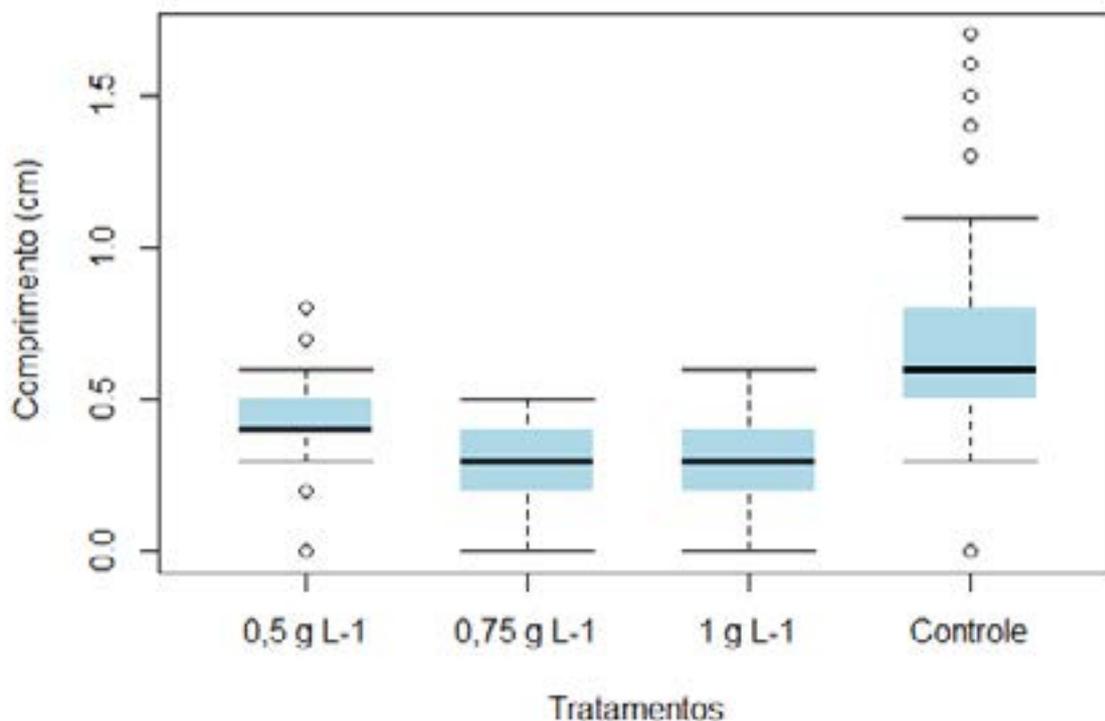


Tabela 2 - Tabela de medianas do comprimento da raiz para cada tratamento em sementes de pitanga submetidas a diferentes concentrações de glifosato

Tratamentos	Medianas do Comprimento da raiz (cm)	CV
Controle	0,6 a	45,50 %
0,5 g/L	0,4 b	48, 72 %
0,75 g/L	0,3 c	48, 38%
1 g/L	0,3 c	40, 62%

Medianas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade.

Estas conclusões estão alinhadas com estudos anteriores conduzidos por Khan et al. (2020), Soares et al. (2019) e Gomes et al. (2019), os quais também identificaram uma relação direta entre concentrações variadas de glifosato e a diminuição do comprimento das raízes em *Solanum lycopersicum* e *Zea mays*.

O efeito negativo do glifosato sobre o comprimento da raiz das sementes de pitanga pode ser elucidado pela atividade fitotóxica desse herbicida na inibição da enzima EPSPS, situada na via metabólica do ácido chiquímico. Esta enzima desempenha uma função crucial na síntese de aminoácidos aromáticos, tais como fenilalanina, tirosina e triptofano (Maldani et al., 2021). O triptofano, por sua vez, emerge como uma biomolécula central na via de síntese de auxina, sendo sua deficiência um obstáculo para a produção desse fitohormônio (Cruz et al., 2021).

A auxina, por sua vez, desempenham um papel crucial no desenvolvimento da raiz por meio de

proteínas da família PIN, possibilitando o transporte direcionado de auxina para a região do ápice da raiz primária. Nesse local, ocorre a sinalização para o início da divisão celular e subsequente diferenciação celular, através do crosstalk com citocininas (Roychoudhry e Kepinski, 2021). Além disso, o glifosato atua na inibição das atividades enzimáticas do ciclo celular, o que dificulta a polimerização do DNA e a formação das fibras do fuso. Essa interferência compromete a divisão celular e acarreta em irregularidades nesse processo (Vieira et al., 2024).

Adicionalmente, Oliveira et al. (2021) observou o aumento de etileno em *Bowdichia virgilioides*, resultante da aplicação de diferentes concentrações de glifosato no solo. Este hormônio, em situações de estresse, pode diminuir ou inibir o desenvolvimento da raiz primária (Qin, He e Huang., 2019).

4 CONCLUSÕES

A pitanga é uma planta nativa da América do Sul que, além de possuir grande importância econômica, também desempenha um papel ecológico crucial devido às suas características regenerativas, sendo o seu fruto altamente apreciado pelas aves. Avaliar como um dos herbicidas mais utilizados no Brasil afeta a emergência das sementes dessa espécie é essencial para entender o impacto do glifosato na dinâmica populacional de plantas nativas.

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que as sementes de pitanga são consideradas resistentes ao glifosato. No entanto, a velocidade de emergência e o comprimento da raiz primária foram comprometidos em concentrações iguais ou superiores a $0,75 \text{ g L}^{-1}$ desse composto. Deve-se ressaltar que as concentrações utilizadas neste estudo são extremamente inferiores às encontradas em campo, tornando o uso incorreto desse herbicida um risco significativo para a biodiversidade da flora brasileira.

Os resultados obtidos no presente estudo podem servir como uma ferramenta de diagnóstico para os efeitos do glifosato em espécies nativas em áreas de restauração ou fragmentos florestais presentes em matrizes agrícolas. Futuramente, a pitanga pode ser utilizada como uma espécie bioindicadora de áreas contaminadas, auxiliando no processo de mitigação de impactos.

Por fim, considera-se que a maior limitação deste trabalho foi não ter avaliado a longo prazo o efeito do glifosato no desenvolvimento das plantas após a emergência das sementes. Assim, estudos futuros devem investigar esses efeitos para fornecer uma compreensão mais abrangente dos impactos do glifosato em plantas nativas, como a pitanga.

CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

AVILA, A. L.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; GASPARIN, E. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 2, p. 251 - 260, jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050983229>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BELLINO, A.; LOFRANO, J.; CAROTENUTO, M.; LIBRALATO, G.; BALDANTONI, D. Antibiotic effects on seed germination and root development of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 135–141, fev. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.006>. Acesso em: 27 jun. 2024.

BEZERRA, J. E. F.; JUNIOR, J. S. L.; JUNIOR, J. F. S. Eugenia uniflora: pitanga. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. Capítulo 5, p. 155-169. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1106305>. Acesso em: 27 jun. 2024.

BOUTIN, C.; STRANDBERG, B.; CARPENTER, D.; MATHIASSEN, S. K.; THOMAS, P. J. Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications?. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 295-306, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.009>. Acesso em: 28 jun. 2024

BRAIAN, R. A.; PERINE, J.; COOKE, C.; ELLIS, C. B.; HARRINGTON, P.; LANE, A.; SULLIVAN, C.; LEDSON, M. EVALUATING THE EFFECTS OF HERBICIDE DRIFT ON NONTARGET TERRESTRIAL PLANTS: A CASE STUDY WITH MESOTRIONE. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 9, p. 2465–2475, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.3786>. Acesso em: 27 jun. 2024.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 161-162, p. 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/lfd/a/arquivos-publicacoes-laboratorio/regras-para-analise-de-sementes.pdf/view>. Acesso em: 27 jun. 2024.

CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 489-494, jun. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.585>. Acesso em: 27 jun. 2024.

CRUZ, C. E. S.; SILVA, L. F.; RIBEIRO, C.; SILVA, L. C. Physiological and morphoanatomical effects of glyphosate in *Eugenia uniflora*, a Brazilian plant species native to the Atlantic Forest biome. **Environ Sci Pollut Res.**, v. 28, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12003-4>. Acesso em: 27 jun. 2024.

EGAN, J. F.; BOHNENBLUST, E.; GOSLEE, S.; MARTENSEN, D.; TOOKER, J. Herbicide drift can affect plant and arthropod communities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 185, p. 77-87, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.017>. Acesso em: 28 jun. 2024

GOMES, M.P.; CRUZ, F. V. S.; BICALHO, E. M.; BORGES, F. V.; FONSECA, M. B.; JUNEAU, P.; GARCIA, Q. S. Effects of glyphosate acid and the glyphosate-commercial formulation (roundup) on *Dimorphandra wilsonii* seed germination: interference of seed respiratory metabolism. **Environ. Pollut.**, v. 220, p. 452–459, jan. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.087>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GOMES, M. P.; RICHARDI, V. S.; BICALHO, E. M.; ROCHA, D. C.; SILVA, M. A. N.; SOFFIATTI, P.; GARCIA, Q. S.; SANTOS, B. F. S. Effects of Ciprofloxacin and Roundup on seed germination and root development of maize. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2671-2678, fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.365>. Acesso em: 27 jun. 2024.

KHAN, S.; ZHOU, J. L.; REN, L.; MOJIRI, A. Effects of glyphosate on germination, photosynthesis and chloroplast morphology in tomatoes. **Chemosphere**, v. 258, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127350>. Acesso em: 27 jun. 2024.

KUHN, A. W.; TEDESCO, M.; LAUGHINGHOUSE, H. D.; FLORES, F. M.; SILVA, C. B.; DOROW, T. S. C.; TEDESCO, S. B. Mutagenic and antimutagenic effects of *Eugenia uniflora* L. by the *Allium cepa* L. test. **International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics**, v. 68, n.1, p. 25-30, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/00087114.2014.998525>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MALDANI, M.; ALIYAT, F. Z.; CAPELLO, S.; MORABITO, M.; GIARRATANA, F.; NASSIRI, L.; IBIJBIJEN, J.. Effect of glyphosate and paraquat on seed germination, amino acids, photosynthetic pigments and plant morphology of *Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris* and *Sorghum bicolor*. **Environmental Sustainability**, v. 4, p. 723-733, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42398-021-00170-0>. Acesso em: 27 jun. 2024.

OLIVEIRA, A. P. A.; FILHO, A. J. C.; SANTOS, V. R. S; COSTA, A. C.; SILVA, K. L. F. PHYSIOLOGICAL AND MORPHOANATOMIC RESPONSES OF *Bowdichia virgilioides* KUNTH. (FABACEAE) TO GLYPHOSATE. **Revista Árvore**, v. 45, mai. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820210000028>. Acesso em: 27 jun. 2024.

PINO, M. R.; MUÑIZ, S.; VAL, J.; NAVARRO, E. Phytotoxicity of 15 common pharmaceuticals on the germination of *Lactuca sativa* and photosynthesis of *Chlamydomonas reinhardtii*. **Environ Sci Pollut Res.**, v. 23, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7446-y>. Acesso em: 27 jun. 2024

QIN, H.; HE, L.; HUANG, R. The coordination of Ethylene and Other Hormones in Primary Root Development. **Front. Plant Sci.**, v. 10, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00874>. Acesso em: 27 jun. 2024.

ROYCHOUDHRY, S.; KEPINSKI, S. Auxin in Root Development. **Cold Spring Harb Perspect Biol.**, v.16, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039933>. Acesso em: 27 jul. 2024.

SCALON, S. P. Q.; FILHO, H. S.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE PITANGUEIRA (*Eugenia uniflora* L.) SOB CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 23, n. 3, p. 652-655, dez. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300042>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SILVA, S. R. L.; COSTA, A. C.; DYSZY, F. H.; BATISTA, P. F.; FILHO, A. J. C.; NASCIMENTO, K. J. T.; SILVA, A. A. Pouteria torta is a remarkable native plant for biomonitoring the glyphosate effects on Cerrado vegetation. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 497-506, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.03.003>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SILVA. S. R. L.; COSTA, A. C.; PEDROSO, A. N. V.; BATISTA, P. F.; FILHO, A. J. C.; ALMEIDA, G. M.; NASCIMENTO, K. J. T.; FERREIRA, L. L.; DOMINGOS, M.; SILVA, A. A. Morphophysiological indicators of the glyphosate action on Brazilian savanna plants: a multivariate analysis. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 44, n. 73, mai. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-022-03409-3>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SHAHID, M.; MONOHARADAS, S.; CHAKDAR, H; ALREFAEI, A. F.; ALBESHR, M. F.; ALMUTAIRI, M. Biological toxicity assessment of carbamate pesticides using bacterial and plant bioassays: an in-vitro approach. **Chemosphere**, v. 278, set. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130372>. Acesso em: 27 jun. 2024

SOARES, C.; PEREIRA, R.; SPORMANN, S.; FIDALGO, F. Is soil contamination by a glyphosate commercial formulation truly harmless to non-target plants? – Evaluation of oxidative damage and antioxidant responses in tomatoes. **Environmental Pollution**, v. 247, p. 256-265, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.063>. Acesso em: 27 jul. 2024

VIEIRA, C.; MARCON, C.; DROSTE, A. Phytotoxic and cytogenotoxic assessment of glyphosate on *Lactuca sativa* L. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.257039>. Acesso em: 27 jul. 2024

WOJTYLA, L.; LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Front. Plant Sci.**, v. 7, fev. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00066>. Acesso em: 27 jul. 2024.