



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ANTONIO BATISTA CAVALCANTI BISNETO**

**FATORES AMBIENTAIS E EXTRATOS VEGETAIS NA**  
**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO CRESCIMENTO**  
**INICIAL DE *Euphorbia heterophylla* L.**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**BAHIA- BRASIL**

**2025**

ANTONIO BATISTA CAVALCANTI BISNETO

**FATORES AMBIENTAIS E EXTRATOS VEGETAIS NA  
GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO CRESCIMENTO INICIAL  
DE *Euphorbia heterophylla* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Anselmo Eloy Silveira Viana

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele Brito Rodrigues

VITÓRIA DA CONQUISTA

2025

C365f

Cavalcanti Bisneto, Antonio Batista.

Fatores ambientais e extratos vegetais na germinação de sementes e  
no

crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla* L.. / Antonio Batista

Cavalcanti Bisneto, 2025.

69f.

Orientador (a): Dr. Anselmo Eloy Silveira Viana.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2025.

Inclui referência F. 61 – 6

1. Temperatura. 2. Luz. 3. Estresse hídrico. 4. Salinidade. 5. Manejo de plantas daninhas. I. Viana, Anselmo Eloy Silveira. II. Universidade Estadual do Sudoeste da

**Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



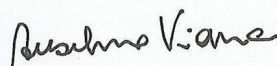
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
Área de Concentração em Fitotecnia  
Campus de Vitória da Conquista, BA.**

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “FATORES AMBIENTAIS E EXTRATOS VEGETAIS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Euphorbia heterophylla* L.”,**

**AUTOR (A): Antonio Batista Cavalcanti Bisneto**

**Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:**



\_\_\_\_\_  
Anselmo Eloy Silveira Viana, D.Sc. (UESB)

Documento assinado digitalmente



TALIANE MARIA DA SILVA TEOFILO  
Data: 24/02/2025 19:26:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Taliane Maria da Silva Teófilo, D.Sc. (UFERSA)

Documento assinado digitalmente



BRUNO OLIVEIRA MOREIRA  
Data: 24/02/2025 18:07:33-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Bruno Oliveira Moreira, D.Sc. (UFBA)

Documento assinado digitalmente



GISELE BRITO RODRIGUES  
Data: 24/02/2025 21:22:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

\_\_\_\_\_  
Gisele Brito Rodrigues, D.Sc. (UESB)

Data de realização: 24 de fevereiro de 2025.

*Ao meu avô João Francisco Porto  
(João Ferreira) e minha tia Cecília  
Batista Cavalcante (tia neném)  
(In Memoriam).  
Com ternura e gratidão, ofereço.*

*Aos meus pais, Antônio Neto e Marlene Galvêncio.  
Às minhas irmãs Gabrielly e Maria Eduarda.  
Familiares e amigos.  
Com amor e gratidão,  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar, me dar força, coragem, sabedoria e saúde para prosseguir nos momentos que parece sem sentido e sem saída. Sinto sua presença em cada momento da minha vida e sei que continuará comigo nessa nova caminhada.

Aos meus pais, Antonio Neto de Lima e Marlene Galvncio Porto, que não tiveram a oportunidade de concluir os estudos, mas reconhecem a importância da educação para um futuro melhor. Sou grato por todo carinho, amor, ensinamentos, conselhos, suporte e confiança.

Agradeço às minhas irmãs Gabrielly e Maria Eduarda, por sempre me apoiarem.

Agradeço ao meu orientador o Prof. Anselmo Eloy Silveira Viana, pelos ensinamentos.

À minha co-ORIENTADORA Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele Brito Rodrigues, por todos os ensinamentos repassados durante a minha formação, dedicação, confiança, compreensão e amizade construída ao longo dessa jornada.

A toda equipe do Laboratório de sementes, por sempre estarem dispostos a ajudar durante a pesquisa, em especial, à Beatriz Magalhaes e Cleriston (TON).

Agradeço aos meus Amigos e irmãos de coração: Nathalia, Luany, Jadson e Marcos, que mesmo estando 1.323 km de distância, sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos do Grupo Tóxicos: Maria Eduarda, Rony, Igor, Maiara, Juliana Araujo, Juliane, Alexandra, por fazerem o processo ser mais leve. A toda equipe do grupo de pesquisa Bioensaios, Metodologias analíticas e Quimiometria em Produtos Naturais (BioMAChem) da Universidade Federal da Bahia, em especial, ao Prof. Bruno Moreira, Iran, Eduardo Juazeiro, Marina Barreto, Carlos Daniel e Icaro, pelos ensinamentos repassados e parceria para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço a todos que fazem parte dos Laboratórios de Fisiologia, Entomologia, Fitopatologia, Solos, Biofábrica, pelo suporte para realizar a pesquisa.

Agradeço ao pessoal que fazem parte do bloco do Laboratório de Sementes, por proporcionar risos sinceros e sempre ter um cafezinho para tornar o dia mais agradável.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de capacitação profissional e apoio.

*“Eu já tive fases difíceis demais, e o interessante dos ciclos da vida é que eu não sou quem eu fui lá atrás. Eu erro, acerto, eu cresço, abro mão, eu tento de tudo tirar uma lição pra a partir disso eu evoluir. Eu tenho princípios, carrego conceitos. Eu não sou meus erros e nem meus acertos; sou quem me transformo a partir daí.” (Poetisa)*

## RESUMO GERAL

Este estudo avaliou os fatores ambientais que influenciam a germinação e emergência de *Euphorbia heterophylla*, bem como o potencial alelopático de extratos de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*, visando fornecer subsídios para o seu controle. Para isso, foram conduzidos ensaios em laboratório e em ambiente protegido. As sementes foram incubadas em caixas plásticas do tipo “gerbox” e mantidas em câmaras B.O.D. sob diferentes condições. As temperaturas testadas incluíram 20/30 (noite/dia) °C, 25 °C e 30 °C; e à luz, foi analisada sob três condições: incidência direta, vermelho curto (VC) e vermelho distante (VD). O estresse hídrico foi simulado com potenciais (controle; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa), enquanto a salinidade variou de (0,0; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>), utilizando-se NaCl. O pH foi testado em faixas de 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5 e 8,0. Em ambiente protegido, avaliou-se a emergência das plântulas sob sete profundidades de semeadura (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 cm) em bandejas e vasos com solo. Durante 31 dias, registrou-se a porcentagem total de emergência, o índice de velocidade de emergência (IVE), o tempo médio de emergência (TME), a altura e a massa seca das plântulas. As espécies de leguminosas foram cultivadas em vasos por um período de quatro meses. Posteriormente, procedeu-se com a coleta de raiz e folhas para a extração de compostos bioativos, utilizando-se metanol como extrator. Os extratos foram analisados quanto ao teor de flavonoides e compostos fenólicos, além de serem testados em diferentes concentrações quanto ao seu potencial alelopático sobre a germinação de sementes de *E. heterophylla*. A germinação foi monitorada diariamente por 16 dias, sendo avaliados a primeira contagem, a porcentagem total, o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG). No ensaio com extratos vegetais, procedeu-se com a avaliação de massa seca e crescimento das plântulas. Os resultados indicaram que temperaturas constantes de 25 a 30 °C e luz branca ou VC favoreceram a germinação. Por outro lado, altos níveis de estresse hídrico (-0,8 MPa ou mais negativos) e salinidade ( $\geq 3,5$  dS m<sup>-1</sup>) inibiram a germinação em 100% e 15%, respectivamente. A espécie demonstrou tolerância a variações de pH entre 5,5 e 8,0; com germinação de 88%. Quanto à profundidade de semeadura, sementes semeadas a 6 cm apresentaram maior emergência (80%). Extratos de leguminosas, como *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*, demonstraram potencial inibitório sobre a germinação de *E. heterophylla*. Esses extratos contêm flavonoides e compostos fenólicos. Os extratos de *L. leucocephala*, tanto de folhas quanto de raízes, foram os mais eficazes na inibição da germinação e do crescimento da planta daninha. A interação entre doses e espécies afetou parâmetros como tempo médio de germinação e massa seca das plântulas, reforçando o potencial alelopático dessas leguminosas no controle de *E. heterophylla*. Esses resultados fornecem informações essenciais para o manejo de *E. heterophylla*, demonstrando que tanto fatores ambientais quanto a presença de compostos alelopáticos podem ser explorados para o seu controle.

**Palavras-chave:** temperatura, luz, estresse hídrico, salinidade, pH, manejo de plantas daninhas.

## GENERAL ABSTRACT

This study evaluated the environmental factors that influence the germination and emergence of *Euphorbia heterophylla*, as well as assessed the allelopathic potential of extracts from *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium*, aiming to provide support for its control. For this purpose, experiments were conducted in the laboratory and in a protected environment. The seeds were incubated in plastic “gerbox” boxes and kept in B.O.D. chambers under different conditions. The tested temperatures included 20/30 °C (night/day), 25 °C, and 30 °C, and light was analyzed under three conditions: direct incidence, red light (RL), and far-red light (FR). Water stress was simulated with potentials (control; -0.2; -0.4; -0.6; -0.8; and -1.0 MPa), while salinity ranged from (0.0; 1.5; 2.5; 3.5; and 4.5 dS m<sup>-1</sup>) using NaCl. The pH was tested in ranges of (5.5; 6.0; 6.5; 7.0; 7.5; and 8.0). In a protected environment, seedling emergence was evaluated under seven sowing depths (0; 3; 6; 9; 12; 15; and 18 cm) in trays and pots with soil. Over 31 days, total emergence percentage, emergence speed index (ESI), mean emergence time (MET), seedling height, and dry mass were recorded. The legume species were grown in pots for a period of four months. Afterwards, root and leaf material was collected for the extraction of bioactive compounds using methanol as the solvent. The extracts were analyzed for flavonoid and phenolic compound content and were tested at different concentrations for their allelopathic potential on the germination of *E. heterophylla* seeds. Germination was monitored daily for 16 days, with evaluations of first count, total percentage, germination speed index (GSI), and mean germination time (MGT). In the assay with plant extracts, dry mass and seedling growth were also evaluated. The results indicated that constant temperatures between 25 and 30 °C and white or red light favored germination. On the other hand, high levels of water stress (-0.8 MPa or more negative) and salinity ( $\geq 3.5$  dS m<sup>-1</sup>) inhibited germination by 100% and 15%, respectively. The species showed tolerance to pH variations between 5.5 and 8.0, with 88% germination. Regarding sowing depth, seeds buried at 6 cm showed the highest emergence (80%). Legume extracts such as *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* demonstrated inhibitory potential on the germination of *E. heterophylla*. These extracts contain flavonoids and phenolic compounds. The extracts from *L. leucocephala*, both from leaves and roots, were the most effective in inhibiting germination and weed growth. The interaction between doses and species affected parameters such as mean germination time and seedling dry mass, reinforcing the allelopathic potential of these legumes in controlling *E. heterophylla*. These results provide essential information for the management of *E. heterophylla*, demonstrating that both environmental factors and the presence of allelopathic compounds can be explored for its control.

**Keywords:** wild poinsettia, germination, allelopathy, environmental factors.

## LISTA DE FIGURAS

**ARTIGO I:** Germinação de sementes e crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla* em resposta a diferentes fatores ambientais.

- Figura 1- Germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla*. Em diferentes temperaturas e comprimentos de onda e diferente pH.....37
- Figura 2- Germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla*. Em diferentes potenciais hídricos e submetidas ao estresse salino.....39
- Figura 3- Germinação de sementes e crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla*. Expostas a diferentes profundidades de semeadura.....46

**ARTIGO II:** Potencial alelopático de extrato vegetal de espécies leguminosas sobre a germinação e plântulas de *Euphorbia heterophylla*.

- Figura 1- Massa seca de plântulas de *Euphorbia heterophylla* tratadas com extratos provenientes de folhas de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em diferentes concentrações.....58
- Figura 2- Comprimento de raiz de plântulas de *Euphorbia heterophylla* tratadas com extratos provenientes de folhas de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em diferentes concentrações.....59
- Figura 3- Comprimento de plântulas de *Euphorbia heterophylla* tratadas com extratos provenientes de folhas de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em diferentes concentrações. ....60

## LISTA DE TABELAS

### **ARTIGO I:** Germinação de sementes e crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla*

em resposta a diferentes fatores ambientais

Tabela 1-	Concentrações de (PEG 6000) utilizadas para se obter diferentes níveis de potencial osmótico.....	40
Tabela 2-	Índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e primeira contagem (PC) de sementes de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetidas a diferentes temperaturas e comprimentos de luz.....	41
Tabela 3-	Tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) de sementes de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetidas a diferentes pH.....	42
Tabela 4-	Tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) de sementes de <i>Euphorbia heterophylla</i> submetidas a diferentes concentrações salinas.....	43
Tabela 5-	Tempo médio de emergência (TME), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca (MS) e altura de plântulas de <i>Euphorbia heterophylla</i> semeadas em diferentes profundidades.....	44

### **ARTIGO II:** Potencial alelopático de extrato vegetal de espécies leguminosas sobre a germinação de sementes e plântulas de *Euphorbia heterophylla*

Tabela 1-	Características químicas do solo utilizado no experimento.....	49
Tabela 2-	Teor de flavonoides totais (TFT) expresso em mg EQ g <sup>-1</sup> dos extratos e Teor de fenólicos totais (TPC) expresso em mg EAG g <sup>-1</sup> dos extratos.....	53
Tabela 3-	Índice de velocidade de germinação (IVG), Germinação, Primeira contagem (PC), Tempo médio de germinação (TMG) e Comprimento de plântulas (CP) de <i>E. heterophylla</i> tratadas com extratos provenientes de folhas e raiz de <i>Gliricidia sepium</i> e <i>Leucaena leucocephala</i> em diferentes concentrações.....	55
Tabela 4-	Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>Euphorbia heterophylla</i> , massa seca (mg) e comprimento de raiz de <i>E. heterophylla</i> tratadas com extratos provenientes de raiz de <i>Gliricidia sepium</i> e <i>Leucaena leucocephala</i> em diferentes concentrações .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

**ARTIGO I:** Germinação de sementes e crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla* em resposta a diferentes fatores ambientais

ABA	Ácido abscísico
ALS	Acetolactato sintase
ALT	Altura de plântula
B.O.D	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
DAS	Dias após a sementeira
GA	Giberelina
IVE	Índice de velocidade de emergência
IVG	Índice de velocidade de germinação
LSEM	Laboratório de Sementes
Mpa	Mega pascal
MS	Massa seca
NaCl	Cloreto de sódio
PC	Primeira contagem de germinação
pH	Potencial hidrogeniônico
RAS	Regra de análise de sementes
TME	Tempo médio emergência
TMG	Tempo médio de germinação
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
VC	Vermelho curto
VD	Vermelho distante

**ARTIGO II:** Potencial alelopático de extrato vegetal de espécies leguminosas sobre a germinação de sementes e plântulas de *Euphorbia heterophylla*

Ca <sup>2+</sup>	Cálcio
CE	condutividade elétrica
Cm	Centímetro
CP	Comprimento de plântulas
DAS	Dias após a sementeira
EAG g <sup>-1</sup>	mg de equivalente de ácido gálico por grama do extrato

IVG	Índice de velocidade de germinação
K	Potássio
Mg	Miligrama
mg EQ g <sup>-1</sup>	mg de equivalente de quercetina por grama do extrato
Mg/ml	Miligrama/mililitro
Mg <sup>2+</sup>	Magnésio
Na <sup>+</sup>	Sódio
P	Fósforo
PC	Primeira contagem
TPT	Teor de fenólicos totais
TFT	Teor de flavonoides totais
TMG	Tempo médio de germinação
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	16
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
3. ARTIGO I:.....	19
Germinação de sementes e crescimento inicial de <i>Euphorbia heterophylla</i> em resposta a diferentes fatores ambientais .....	19
3.1 INTRODUÇÃO .....	21
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
3.2.1 Coleta das sementes .....	22
3.2.2 Temperatura e comprimento de onda.....	23
3.2.3 Estresse hídrico .....	24
3.2.4 Estresse salino .....	24
3.2.5 pH.....	25
3.2.6 Profundidade de semeadura .....	25
3.2.7 Análise estatística.....	26
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.3.1 Efeito da temperatura e comprimento de onda na germinação .....	26
3.3.2 Efeito do ph na germinação.....	28
3.3.3 Efeito do estresse hídrico na germinação .....	29
3.3.4 Efeito do estresse salino na germinação.....	30
3.3.5 Efeito da profundidade de semeadura na germinação.....	31
3.4 CONCLUSÕES .....	33
3.5 REFERÊNCIAS .....	34
4. ARTIGO II: .....	47
Potencial alelopático de extrato vegetal de espécies leguminosas sobre a germinação e plântulas de <i>Euphorbia heterophylla</i> .....	47
4.1 INTRODUÇÃO .....	49
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	51
4.2.1 Coleta do material botânico.....	51
4.2.2 Obtenção dos extratos vegetais .....	51

4.2.3	Determinação do teor de flavonoides e fenólicos totais.....	52
4.2.4	Análise da atividade alelopática dos extratos vegetais.....	53
4.2.5	Análise estatística.....	54
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.3.1	Teor de flavonoides (TFT) e fenólicos totais (TPT).....	54
4.3.2	Análise da atividade alelopática dos extratos vegetais.....	56
4.4	CONCLUSÕES .....	66
4.5	REFERÊNCIAS .....	67

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A infestação de plantas daninhas, como *Euphorbia heterophylla* (poinsetia-selvagem), continua sendo um desafio significativo para a produtividade agrícola, causando perdas devido à competição por luz, água e nutrientes essenciais. Essas plantas também dificultam os tratos culturais e a colheita, além de servir como hospedeiras para pragas e doenças agrícolas importantes (Silva et al., 2020). Estudos recentes destacam a adaptabilidade dessa espécie a condições adversas e sua resistência crescente a herbicidas, como o glifosato, o que agrava ainda mais o problema (Heap, 2023; Rodrigues et al., 2020).

A elevada taxa de germinação e a rápida dispersão de sementes contribuem para o estabelecimento de bancos de sementes persistentes no solo, garantindo sua recorrência ao longo dos ciclos produtivos (Brighenti et al., 2021). Por essa razão, compreender os fatores que influenciam a germinação e o crescimento de plantas daninhas é crucial para desenvolver estratégias eficazes de controle integrado e manejo sustentável, reduzindo custos e minimizando impactos ambientais (Souza et al., 2020; Adegas, 2020).

Entre os fatores ambientais que afetam a germinação de sementes, a temperatura, luz, potencial hídrico e pH desempenham papéis cruciais. A temperatura regula a velocidade de absorção de água pela semente, enquanto a luz ativa o fitocromo, essencial para espécies fotoblásticas (Batlla et al., 2022). Além disso, o pH do solo influencia a disponibilidade de nutrientes e o equilíbrio celular, enquanto o estresse salino e hídrico afeta diretamente a absorção de água e a viabilidade das sementes (Seixas et al., 2023).

Com a ineficiência crescente de algumas moléculas químicas no controle de plantas daninhas, alternativas como a alelopatia têm ganhado destaque. Este mecanismo natural, no qual metabólitos secundários liberados por plantas interferem no desenvolvimento de outras espécies, representa uma abordagem promissora para reduzir o uso de agroquímicos (Silva et al., 2023). Estudos recentes mostram que extratos vegetais de espécies, como *Gliricidia sepium*, apresentam compostos bioativos como flavonoides e alcaloides, capazes de inibir o crescimento de plantas invasoras, destacando sua aplicação em sistemas de manejo integrado (Gomes et al., 2023; Nasir et al., 2016). Ao avaliarem extratos de folhas de leucena, Ishak et al. (2016) verificaram redução em mais de 30% na germinação de três espécies de plantas daninhas (*A. conyzoides*, *T. procumbens* e *E. sonchifolia*), quando comparadas com as testemunhas. Tais resultados

têm evidenciado extratos vegetais como promissores no controle de plantas daninhas. Diante desse cenário, compreender os efeitos dos fatores ambientais e do potencial alelopático de espécies como *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias eficazes e sustentáveis no manejo de *E. heterophylla*

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adegas, F. S.; Gazziero, D.L.P.; Júnior, R.S.O.; Mendes, R.R.; Rodrigues, L.J. *Euphorbia heterophylla*: um novo caso de resistência. Comunicado técnico, 98., atual. e ampl. Londrina, PR: Embrapa Informação Tecnológica, 2020. 5 P.

Batlla, D.; Benech-Arnold, R. L. Weed seed germination and the light environment: implications for weed management. **Weed biology and management**, Metro Manila, v. 14, p. 77-87, 2022.

Brighenti, A. M.; Voll, E.; Gazziero, D. L. P. Biologia e manejo do *Cardiospermum halicacabum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 229-237, 2021.

Gomes, M.S.; Andrade, P. A. *Bio-herbicidas naturais e a sustentabilidade agrícola: o caso da *Gliricidia sepium**. **Revista de Sustentabilidade Rural**, v.11, n.3, p.93-101, 2023.

HEAP, I. “International survey of herbicide-resistant weeds”. Disponível em: [weeds-science.org](http://weeds-science.org)

Ishak, M. S.; Ismail, B. S.; Yusoff, N Allelopathic potential of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit on the germination and seedling growth of *Ageratum conyzoides* L., *Tridax procumbens* L. and *Emilia sonchifolia* (L.) DC. **Allelopathy Journal**, v. 37, n. 1, p. 109–122, 2016.

Nasir et al. Estudo sobre o efeito da folha de *Cassia siamea* e *Gliricidia sepium* no controle erva daninha de arroz. **Revista Internacional de Agronomia e Pesquisa Agrícola**, v. 8, n. 1, pág. 64-70, 2016.

Seixas, C. S. S.; Neumaier, N.; Junior, A.A.B.; Krzyzanowski, F.C.; Leite, R.V.B.C. **Tecnologia de produção de soja**. Sistema de produção. Embrapa soja, Londrina, Paraná. n.17, 2020. 348p.

Silva, R.T.; Santos, JL *Alelopatia em sistemas agroflorestais: o uso de *Gliricidia sepium**. **Agroecologia Hoje**, v.5, p.23-30, 2023.

Silva, G. A. da.; Pacheco, M. V.; Luz, M. N. da; Nonato, E. R. L.; Delfino, R. de C. H. .; Pereira, C. T. Environmental factors in seed germination and defense mechanisms to ensure their perpetuation. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e93491110524, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10524>

SOUZA, A. P. S. et al. Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas: *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2020

**3. ARTIGO I:**

**Germinação de sementes e crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla* em resposta a diferentes fatores ambientais**

-----  
**Situação:** Submetido



1 **Keywords:** wild poinsettia; seeds; environmental conditions; weed.

2

### 3 **RESUMO**

4 *Euphorbia heterophylla*, conhecida como poinsettia-selvagem, é uma planta daninha  
5 altamente adaptável a diferentes ambientes e resistente aos herbicidas glifosato e  
6 sulfentrazone, o que demanda estratégias eficientes de manejo. Este estudo investigou os  
7 efeitos de temperatura, luz, estresse hídrico, salinidade, pH e profundidade de semeadura  
8 na germinação e emergência da espécie, com o objetivo de auxiliar em práticas de  
9 controle cultural. Foram conduzidos cinco ensaios em delineamento inteiramente  
10 casualizado, com quatro repetições, dos quais quatro ocorreram em laboratório, onde  
11 sementes foram incubadas em caixas plásticas do tipo “gerbox” e mantidas em câmaras  
12 B.O.D. sob diferentes condições. As temperaturas testadas incluíram 20/30 °C, 25 °C e  
13 30 °C (noite/dia). A luz foi analisada sob incidência direta, vermelho curto (VC) e  
14 vermelho distante (VD). O estresse hídrico foi avaliado em seis níveis: 0,0 (controle); -  
15 0,2; -0,4; -0,6; -0,8; e -1,0 MPa, enquanto para a salinidade avaliou-se os níveis 0,0  
16 (controle); 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>, usando-se NaCl. O pH foi testado nos níveis de 5,5;  
17 6,0; 6,5; 7,0; 7,5 e 8,0. A germinação foi avaliada diariamente por 16 dias, considerando  
18 primeira contagem, porcentagem total, índice de velocidade de germinação (IVG) e  
19 tempo médio de germinação (TMG). O quinto ensaio foi realizado em ambiente  
20 protegido, onde avaliou-se a emergência de plântulas sob sete profundidades de  
21 semeadura (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 cm) em bandejas e vasos com solo. Durante 31 dias,  
22 registrou-se a porcentagem total de emergência, índice de velocidade de emergência  
23 (IVE), tempo médio de emergência (TME), altura e massa seca das plântulas. Os  
24 resultados revelaram que temperaturas constantes, de 25 a 30 °C, e luz branca ou VC  
25 favoreceram a germinação. Em contrapartida, altos níveis de estresse hídrico (-0,8 MPa  
26 ou mais) e salinidade ( $\geq 3,5$  dS m<sup>-1</sup>) inibiram significativamente a germinação em 100%  
27 e 15%, respectivamente. A espécie apresentou tolerância a variações de pH entre 5,5 e  
28 8,0, com máxima germinação (88%) em pH 7,0. Quanto à profundidade, sementes  
29 semeadas a 6 cm obtiveram maior emergência e vigor. Essas descobertas fornecem  
30 informações importantes para o manejo cultural de *E. heterophylla*, indicando condições  
31 que favorecem ou inibem sua germinação e emergência, o que pode subsidiar estratégias  
32 de controle mais eficientes.

33 **Palavras-chave:** poinsettia-selvagem; sementes; condições ambientais; planta daninha.

34

### 3.1 INTRODUÇÃO

*Euphorbia heterophylla* L. (poinsetia-selvagem) é uma planta daninha de grande importância agrícola, nativa da América Tropical e Subtropical, que infesta tanto culturas perenes quanto anuais. Pertencente ao gênero *Euphorbia*, essa espécie tornou-se uma preocupação significativa para os produtores, devido à sua alta capacidade de adaptação e disseminação em áreas agrícolas (WINKLER et al., 2004). A partir da década de 1990, surgiram relatos de populações resistentes a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), inicialmente eficazes no controle dessa planta daninha.

Com o advento da soja transgênica resistente ao glifosato, o manejo do *E. heterophylla* foi facilitado pela utilização contínua desse herbicida. No entanto, o uso intensivo e repetido de uma única molécula, como o glifosato, resultou em pressão de seleção nas populações de plantas daninhas, levando à evolução de biotipos resistentes, não apenas ao glifosato, mas também ao sulfentrazone, outro herbicida amplamente utilizado (EMBRAPA, 2020).

Atualmente, o método mais utilizado para o controle de *E. heterophylla* é o controle químico, por meio de herbicidas seletivos. A classe de herbicidas inibidores da ALS tem sido o principal mecanismo de ação empregado no manejo da planta, entretanto, em áreas agrícolas, onde a resistência aos inibidores de ALS foi identificada, a utilização de diferentes mecanismos de ação em rotação ou em associação tem sido uma alternativa recomendada para contornar esse problema (CASTRO et al., 2023).

Nesse sentido, estudos sobre a biologia da espécie são essenciais para o desenvolvimento de estratégias de manejo cultural, diminuindo a dependência de herbicidas e retardando a resistência. Compreender os mecanismos de germinação e a relação das plantas daninhas com o ambiente é fundamental para interpretar o comportamento ecológico dessas espécies no campo. Além disso, esse conhecimento permite o desenvolvimento de estratégias eficazes para reduzir o banco de sementes de plantas daninhas nas áreas cultivadas, ajudando no manejo e controle dessas espécies (SOUZA FILHO et al., 2001; VIVIAN et al., 2008).

A germinação é uma fase crítica para o sucesso de plantas daninhas, pois marca o início da competição por um nicho ecológico (FORCELLA et al., 2000). Cada espécie possui requerimentos ambientais específicos para que a germinação ocorra. Dentre os principais fatores que influenciam esse processo estão a umidade do solo, a luz, a temperatura, o pH e a salinidade do solo (NORSWORTHY & OLIVEIRA, 2007). Esses fatores desempenham um papel crucial na habilidade de espécies invasoras se

1 estabelecerem em áreas agrícolas, afetando diretamente a dinâmica de infestação e,  
2 consequentemente, o manejo dessas plantas. Assim, o conhecimento de informações  
3 básicas sobre a biologia de plantas daninhas pode contribuir significativamente para o  
4 desenvolvimento de estratégias para seu manejo. Apesar de ser uma planta daninha de  
5 grande importância para muitas culturas, para *E. heterophylla* L., os fatores que  
6 influenciam no processo germinativo não foram esclarecidos. Por este motivo, com o  
7 presente trabalho, objetivou-se avaliar a germinação de sementes e o crescimento inicial  
8 de *E. heterophylla* em diferentes condições ambientais.

## 10 **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### 11 **3.2.1 Coleta das sementes**

12 Sementes de poinsétia-selvagem foram coletadas manualmente de populações  
13 nativas, logo após o início da dispersão natural, durante os meses de março a maio do ano  
14 de 2023, no Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
15 (14°53'12"S 40°47'59"W). Após a coleta, procedeu-se com a secagem das sementes à  
16 sombra, durante dois dias, sobre papel toalha, seguido de uma seleção visual,  
17 descartando-se aquelas com evidência de dano físico ou má formação. Em seguida, as  
18 sementes foram armazenadas em recipiente hermético, devidamente identificadas e  
19 mantidas em temperatura ambiente, até a realização dos experimentos.

20 O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes (LSEM) da  
21 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista -  
22 BA. Para caracterizar as sementes, foi realizado o Peso de mil sementes (PMS), conforme  
23 metodologia descrita no RAS (BRASIL, 2009).

24 O estudo constou da realização de cinco experimentos distintos, cada um  
25 destinado a investigar variáveis específicas que influenciam a germinação das sementes  
26 de *Euphorbia heterophylla* L, a saber: combinação de três temperaturas (20/30 °C; 25 °C  
27 e 30°C noite/dia) em três comprimentos de onda [incidência direta da luz (controle),  
28 vermelho curto (VC) e vermelho distante VD)]; seis níveis de estresse hídrico promovido  
29 por o PEG 6000 (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 Mpa); cinco níveis de estresse salino  
30 proporcionado por NaCl (0,0; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 dS m<sup>-1</sup>); seis níveis de pH (5,5; 6,0; 6,5;  
31 7,0; 7,5 e 8,0) e sete profundidades de semeadura (0; 3; 6; 9;12; 15 e 18 cm).

32 As sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1%, por 3 min  
33 (CARVALHO E CARVALHO, 2009), para então serem submetidas aos ensaios, quando  
34 foram avaliados os seguintes parâmetros: germinação (%), primeira contagem (%), índice

1 de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), emergência  
2 (%), índice de velocidade de emergência (IVE).

3 O teste de germinação foi conduzido utilizando-se caixas gerbox transparentes (11  
4 cm x 11 cm x 3,5 cm), preenchidas com duas camadas de papel germitest autoclavado,  
5 umedecido com água destilada, sendo que o volume de água utilizado correspondia a 2,5  
6 vezes o peso seco do papel, conforme protocolo estabelecido pelo RAS (Brasil, 2009).  
7 Foram semeadas em cada caixa 25 sementes, totalizando quatro repetições. Em seguida,  
8 as caixas foram acondicionadas em sacos plásticos, com espessura de 0,05 mm, visando  
9 à conservação da umidade. As amostras foram mantidas em um germinador do tipo  
10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). As avaliações foram efetuadas diariamente,  
11 até o décimo sexto dia após a semeadura (DAS), com a contagem das plântulas normais  
12 (Brasil, 2009), considerando como germinadas as sementes que apresentavam 2 mm de  
13 protrusão radicular. A primeira contagem da germinação foi conduzida juntamente com  
14 o teste de germinação, sendo a primeira contagem realizada aos seis dias após a instalação  
15 do teste.

16 A porcentagem de germinação foi obtida pela equação:  $G = (N/A) \cdot 100$ , em que N  
17 é o número total de sementes germinadas e A é o número total de sementes colocadas  
18 para germinar. A Primeira contagem correspondeu ao percentual de sementes germinadas  
19 aos seis DAS. Para o cálculo do Tempo médio de germinação (TMG), foi utilizado o  
20 número de plântulas normais contabilizadas no intervalo entre cada contagem ( $n_i$ ) e o  
21 tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem ( $t_i$ ), conforme  
22 proposto por Labouriau (1983):

23 
$$TMG = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i}$$

24 Enquanto o índice de velocidade de germinação foi calculado a partir das  
25 contagens diárias do número de sementes, germinadas através da fórmula:  $IVG = G_1 / N_1$   
26  $+ G_2 / N_2 + \dots + G_n / N_n$ , em que:  $G_1 \dots n$  = número de plântulas normais computadas nas  
27 contagens; e  $N_1 \dots n$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda ... enésima  
28 avaliação (MAGUIRE, 1962). A porcentagem de emergência foi obtida a partir do  
29 número de plântulas emergidas aos 16 DAS, com exceção dos ensaios de profundidade  
30 de semeadura, em que o teste de emergência foi conduzido até aos 30 dias DAS. O índice  
31 de velocidade de germinação foi calculado de acordo com Maguire (1962).

32

### 33 **3.2.2 Temperatura e comprimento de onda**

1 O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em  
2 esquema fatorial 3 x 3, sendo três combinações de temperaturas (20/30 °C; 25 °C e 30°C  
3 noite/dia) e três comprimentos de onda [incidência direta da luz (controle), vermelho  
4 curto (VC) e vermelho distante VD)], com 4 repetições de 25 sementes.

5 Para os tratamentos de comprimento de luz vermelho, foram utilizadas duas folhas  
6 de papel celofone vermelho envolvendo a caixa gerbox, enquanto para a luz vermelho  
7 distante, as caixas gerbox foram envelopadas com duas folhas de papel celofone azul e  
8 duas folhas de cor vermelho (MARQUES et al, 2012).

9 O experimento foi conduzido em BOD com fotoperíodo de 12 horas de luz e 12  
10 horas escuro, para todas as combinações de temperatura.

### 11 12 **3.2.3 Estresse hídrico**

13 O efeito do estresse hídrico na germinação de poinsétia-selvagem foi analisado  
14 utilizando-se soluções com potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 Mpa,  
15 ajustados por meio de diluições de PEG6000 em água destilada. O tratamento controle  
16 (0,0) consistiu no uso de água destilada. A cada tratamento, foi adicionado o fungicida  
17 thiram a 0,2% para inibir o desenvolvimento de microorganismos. Para o cálculo da  
18 quantidade de PEG 6000 a ser adicionado para se obter cada tensão de água, foi utilizada  
19 a equação proposta por Michel & Kaufmann (1973), ou seja:  $\Psi_{os} = - (1,18 \times 10^{-2}) C -$   
20  $(1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2T$  em que:  $\Psi_{os}$  = potencial  
21 osmótico (bar); C = concentração (gramas de PEG 6000/litro de água); T = temperatura  
22 (°C). Na Tabela 1, encontram-se as concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000)  
23 utilizadas para se obter os diferentes níveis de potencial osmótico, com temperatura de  
24 25°C.

25 O teste foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado,  
26 com quatro repetições de 25 sementes. Estas foram dispostas em caixas acrílicas sobre  
27 papel germitest, umedecido com as soluções na proporção de 2,5 vezes o peso do papel  
28 seco, com exceção da testemunha, para a qual foi usada água destilada. As caixas acrílicas  
29 foram colocadas aleatoriamente dentro da BOD, regulada para temperatura 30 °C e 12  
30 horas.

### 31 32 **3.2.4 Estresse salino**

33 Para o estresse salino, o preparo da solução consistiu em adicionar NaCl em água  
34 destilada e, posteriormente, mensurar a sua condutividade elétrica com o auxílio de um

1 condutivímetro “Digimed”, modelo CD-21. Como controle dos tratamentos, a água  
2 destilada foi utilizada sem adição de sal. As concentrações de NaCl foram calculadas por  
3 meio da curva de calibração estabelecida por Braccini et al. (1996), qual seja,  $yos =$   
4  $0,194699 + 0,750394 C$ , em que:  $yos =$  potencial osmótico (bar); e  $C =$  concentração (g  
5 L<sup>-1</sup>). As concentrações salinas foram ajustadas para a obtenção das leituras de  
6 condutividade elétrica em 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 dS m<sup>-1</sup>, sendo o controle a uso de água  
7 destilada. Procedeu-se com a realização dos testes, nos quais as sementes foram colocadas  
8 em BOD, ajustada em 30°C e fotoperíodo de 12 horas.

### 10 **3.2.5 pH**

11 Para a avaliação do pH na germinação das sementes de poinsettia-selvagem, o  
12 ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições de 25  
13 sementes. Os tratamentos consistirão em utilizar soluções ajustadas, nas seguintes faixas  
14 de pHs: 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5 e 8,0. Para obter-se diferentes valores de pH, foram  
15 preparadas soluções tampão de força iônica constante (0,05M), numa faixa de pH entre 3  
16 e 9, usando-se tampões do tipo McIlvaine em pH de 3 a 7 e tampão do tipo ácido carbônico  
17 para o pH 9 (Dawson et al., 1969). Foram utilizados reagentes químicos de pureza ao  
18 redor de 99% (BDH Chemicals).

19 Posteriormente, as sementes foram dispostas em caixa gerbox contendo duas  
20 folhas de papel germiteste, umedecido com a solução ajustada em quantidade,  
21 considerando 2,5 vezes o peso do papel, tendo água destilada como controle; e  
22 acondicionadas em B.O.D em regime de temperatura e luminosidade estabelecidas por  
23 ensaios preliminares. Quando necessário, o substrato foi umedecido através de soluções  
24 com pH regulado para cada tratamento, de modo que o substrato fique umedecido o  
25 suficiente para proporcionar a umidade necessária para que as sementes germinem. Foi  
26 avaliada a germinação, considerando germinadas as sementes que formaram plântulas  
27 normais. As plântulas definidas como normais são aquelas que apresentam todas as  
28 estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e sadias (parte aérea, cotilédones,  
29 sistema radicular e gemas terminais). O índice de velocidade de germinação (IVG) e  
30 tempo médio de germinação (TMG) foram avaliados em conjunto com o teste de  
31 germinação.

### 33 **3.2.6 Profundidade de semeadura**

1 O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, no período de  
2 abril a maio do ano de 2024, em casa de vegetação, com quatro repetições de 25 sementes.  
3 As sementes de poinsétia-selvagem foram semeadas nas profundidades de 0; 3; 6; 9; 12;  
4 15 e 18 cm, em bandejas de polietileno e vasos de 25 L, utilizando-se como substrato  
5 areia lavada autoclavada. Posteriormente, os recipientes foram acondicionados em casa  
6 de vegetação, procedendo-se com a avaliação diária da emergência de plântulas até a  
7 estabilização da contagem (PAMPLONA et al, 2020). Foram avaliados o Índice de  
8 Velocidade de Emergência (IVE), conforme MAGUIRE (1962); tempo médio de  
9 emergência (TME) (LABOURIAU, 1983); altura das plântulas, determinada pela  
10 mensuração da altura da parte aérea das plântulas aos 30 dias após a semeadura (DAS); e  
11 massa seca, coletando-se as plântulas aos 30 DAS, com posterior secagem em estufa, em  
12 circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até atingir peso constante, quando foi  
13 pesada.

14

### 15 **3.2.7 Análise estatística**

16 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando foi  
17 realizada a comparação de médias pelo teste LSD ( $p \leq 0,05$ ), para porcentagem de  
18 germinação; e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para Tempo médio de emergência (TME), Índice  
19 de velocidade de emergência (IVE), massa seca (MS) e altura de plântula (ALT), tempo  
20 médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira  
21 contagem (PC) para correlacionar as combinações de temperatura e comprimentos de  
22 onda. Ambas as análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico R.

23

## 24 **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 25 **3.3.1 Efeito da temperatura e comprimento de onda na germinação**

26 Na Figura 1, estão apresentados os resultados referentes à germinação de sementes  
27 de *Euphorbia heterophylla* L., submetidas a diferentes temperaturas e condições de luz.  
28 Observou-se que a germinação de *E. heterophylla* foi influenciada pela temperatura e pela  
29 luminosidade, sendo também observada a interação entre os fatores ( $p < 0,05$ ).

30 Em condições de alternância de temperatura 20/30 e comprimento de luz  
31 vermelho distante, apenas 21% das sementes de *Euphorbia heterophylla* germinaram  
32 (Fig. 1A). Do mesmo modo, ZELENKOV et al. (2023) verificaram diminuição na  
33 germinação de sementes de colza em radiação vermelho distante (730 nm).

1 A alternância de temperatura pode criar condições favoráveis para a germinação  
2 de sementes de algumas espécies tropicais. Em sementes que respondem a essa variação,  
3 mecanismos enzimáticos funcionam de forma otimizada em diferentes faixas de  
4 temperatura (VÁSQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA, 1993), representando uma  
5 provável adaptação às flutuações naturais do ambiente (BORGES & RENA, 1993). No  
6 entanto, neste trabalho, verificou-se que a alternância de temperatura, quando associada  
7 à luz vermelho distante, não é benéfica para a germinação de sementes de poinsettia-  
8 selvagem. Porém, as sementes de *Euphorbia heterophylla* apresentaram alta taxa de  
9 germinação em amplo comprimento de luz e temperatura. Em temperatura alternada de  
10 20/30°C, nos comprimentos de onda do vermelho curto e luz branca, as sementes de  
11 poinsettia-selvagem alcançaram alta germinação (88 e 96%, respectivamente). Assim  
12 como nas temperaturas constantes de 25 e 30°C, independente do comprimento de onda,  
13 verificou-se germinação acima de 89% (Fig. 1A). Em relação à luz vermelha, THOMAS  
14 (1975) destacou que existe efeito semelhante desta com a luz branca, no que se refere à  
15 composição espectral e características de absorção do fitocromo.

16 A germinação das sementes é estimulada por uma mudança no equilíbrio  
17 hormonal, com o aumento dos níveis de giberelina (GA) e a redução de ácido abscísico  
18 (ABA) (YANG et al., 2020). A luz exerce influência nesse processo ao regular a  
19 transcrição de diversos genes envolvidos no metabolismo de GA e ABA, sendo este  
20 controle mediado pela interação dos fitocromos phy e do fator de transcrição PIF1, que  
21 modulam as vias hormonais de GA e ABA (FAROOQ et al., 2022). A luz ativa os  
22 fitocromos, que então interagem com os fatores de interação com fitocromo (PIFs) para  
23 mediar respostas adaptativas nas plantas. Essa interação regulada pela luz pode dirigir a  
24 expressão gênica e o recrutamento de membranas, afetando a permeabilidade das  
25 membranas celulares e o fluxo de substâncias. Além disso, tecnologias optogenéticas  
26 permitem o controle de interações ligante-receptor em células, expandindo as  
27 possibilidades de manipulação celular por meio da luz (GOLONKA et al., 2019).

28 A luz é um fator necessário para germinação de grande número de sementes de  
29 espécies daninhas. AARESTRUP et al. (2008) constataram que as sementes de poinsettia-  
30 selvagem, expostas à luz artificial contínua, apresentaram médias de germinação  
31 superiores em comparação àquelas que germinaram na ausência de luz. SUDA &  
32 PEREIRA (1997) e BRASIL (1992) também relatam que as sementes de *E. heterophylla*  
33 são fotoblásticas positivas. Enquanto MARTINS et al. (2000) constataram que não houve  
34 efeito da luz sobre a germinação das sementes de poinsettia-selvagem, principalmente nas

1 temperaturas ótimas de 25 e 30°C, indicando que as sementes de poinsétia-selvagem são  
2 indiferentes à luz. Entretanto, alguns estudos têm evidenciado que a qualidade da luz  
3 influencia na germinação de sementes que é regulada pela luz através da ação dos  
4 fitocromos, cuja a exposição ao comprimento de onda no espectro vermelho (660 nm)  
5 estimula a germinação, enquanto o espectro de vermelho distante (730 nm) a inibe  
6 (MARCOS FILHO, 2015).

7 O comprimento de Luz Branca e Vermelho curto não interferiram na primeira  
8 contagem em todas as temperaturas estudadas no presente trabalho. Essa contagem no  
9 teste de germinação pode ser considerada um parâmetro de vigor, o que desfavorece,  
10 quando as sementes são submetidas à temperatura de 20-30 °C, em comprimento de luz  
11 vermelha distante, que reduziu drasticamente a germinação em primeira contagem (21%)  
12 das sementes de poinsétia-selvagem. Ficou evidente, portanto, que os demais tratamentos,  
13 aos quais as sementes foram submetidas, contribuíram para a rapidez do estabelecimento  
14 inicial das plântulas, o que é desejável.

15 Quanto ao índice de velocidade de germinação, este foi influenciado pelo  
16 comprimento de onda e pela temperatura, sendo o maior IVG observado na temperatura  
17 30°C e comprimento de onda vermelho curto (15,51). Esses resultados divergem do  
18 observado por FERREIRA et al. (2017), que verificaram maior IVG de sementes de três  
19 Euphorbiaceae no comprimento de luz branca, enquanto o menor IVG foi observado na  
20 temperatura alternada 20/30°C e comprimento de onda vermelho distante (13,49) (Tabela  
21 2). A rapidez na germinação reflete o vigor das sementes de *Euphorbia heterophylla*.

22 Menor tempo médio de germinação (TMG) foi verificado em sementes de  
23 *Euphorbia heterophylla*, expostas aos comprimentos de luz vermelho curto (1,49) e  
24 vermelho distante (1,86), em temperatura de 30°C (Tabela 2), mostrando que esta  
25 temperatura, além de aumentar a primeira contagem da germinação e o IVG, tornou a  
26 germinação mais rápida, independentemente do comprimento de luz.

27

### 28 **3.3.2 Efeito do pH na germinação**

29 A germinação de sementes de *E. heterophylla* L. não foi influenciada pelo pH do  
30 meio. O maior percentual de sementes germinadas ( $\geq 78\%$ ) foi observado na faixa de pH  
31 de 5,5, 6,5, 7,0, 7,5 e 8,0, enquanto a menor germinação foi observada no pH 6,0 (75%)  
32 (Fig. 1B). Dentre os tratamentos, em pH 7,0 obteve-se a maior porcentagem de  
33 germinação, no entanto, foi observada a formação de plântulas raquíticas. Os resultados  
34 sugerem que essa espécie é adaptada a uma ampla faixa de pH do solo, podendo germinar

1 em condições que não são ideais para as culturas, permitindo que o poinsettia-selvagem  
2 possa se estabelecer em situações em que a concorrência entre as culturas é reduzida.  
3 BRECKE (1995) obteve resultados que corroboram os do presente trabalho nos quais o  
4 poinsettia-selvagem germinou em uma faixa de pH de 2,5 a 10 sem apresentar diferença  
5 significativa entre os tratamentos estudados.

6 O Tempo médio de germinação (TMG), Índice de velocidade de germinação  
7 (IVG) e Primeira Contagem (PC) não foram influenciados pelos diferentes pH estudados  
8 no presente trabalho (tabela 3). Os resultados obtidos por FOLLMER et al. (2021)  
9 indicam que, de maneira geral, o pH não tem um impacto significativo no tempo médio  
10 de germinação (TMG) e no índice de velocidade de germinação (IVG) de plantas  
11 daninhas, exceto quando combinado com certos nutrientes.

12 Esses resultados indicam que essa espécie não possui exigências especiais para a  
13 germinação de suas sementes. Ademais, esse amplo limite de tolerância ao pH confere à  
14 *Euphorbia heterophylla* um caráter adaptativo, favorecendo uma alta capacidade de  
15 estabelecimento em campo e aumentando sua chance de sobrevivência, em comparação  
16 com espécies que apresentam limites mais restritos para a germinação.

### 18 3.3.3 Efeito do estresse hídrico na germinação

19 As sementes expostas ao estresse hídrico igual ou superior a  $-0,8\text{MPa}$  não  
20 germinaram. A germinação máxima de *Euphorbia heterophylla* (96%) (Fig. 2A) foi  
21 observada no tratamento controle aos 15 dias após a semeadura (DAS). No entanto, a  
22 restrição hídrica de  $-0,2$  e  $-0,4$  MPa reduziram a germinação em 16% e 63% (Fig. 2A),  
23 respectivamente, em comparação com o tratamento controle, aos 15 DAS. O potencial  
24 hídrico de  $-0,6$  MPa reduziu a germinação das sementes em 98% em comparação com o  
25 controle. A absorção de água é governada por diferenças no potencial osmótico entre a  
26 semente e o meio circundante, além de ser influenciada pela estrutura física da casca da  
27 semente e pela reativação de enzimas hidrolíticas (POMPELLI et al., 2023).

28 As sementes de *Euphorbia heterophylla* apresentaram dificuldades para absorver  
29 água em condições de  $-0,4\text{MPa}$ , pois foi observada uma baixa porcentagem de  
30 germinação para esse potencial hídrico. As sementes de poinsettia-selvagem não  
31 germinaram sob  $-0,8$  e  $-1,0$  MPa, indicando alta sensibilidade da espécie ao déficit hídrico  
32 (Fig. 2A). Os resultados do presente trabalho corroboram os de SINGH et al. (2022), que  
33 verificaram que sementes no potencial de  $-0,8\text{MPa}$  têm a germinação inibida em plantas

1 daninhas de folha larga e solução -0,3 MPa podem reduzir a germinação em 50%,  
2 comparado com a testemunha.

3 O potencial hídrico externo desempenha um papel crítico na germinação e  
4 respiração das sementes. Potenciais hídricos mais baixos geralmente inibem a germinação  
5 e reduzem o vigor das plântulas (SINGH et al., 2022). A germinação de plantas daninhas  
6 é significativamente afetada por potenciais hídricos elevados, com inibição completa  
7 ocorrendo em valores superiores a -0,8 MPa (SINGH et al., 2022).

8 No entanto, há variações na tolerância ao estresse hídrico entre diferentes espécies  
9 e biotipos, com alguns mostrando maior capacidade de germinação sob condições  
10 adversas. Essas diferenças são cruciais para o desenvolvimento de estratégias de manejo  
11 integrado de plantas daninhas, visando reduzir a acumulação de sementes no solo e a  
12 competição com culturas agrícolas (KANATAS et al., 2023).

13

#### 14 **3.3.4 Efeito do estresse salino na germinação**

15 O aumento da concentração salina influenciou negativamente na germinação das  
16 sementes de *Euphorbia heterophylla*. O tratamento controle apresentou maior taxa de  
17 germinação (96%) em menor tempo para atingir a germinação máxima (Fig. 2B). As  
18 sementes submetidas às concentrações mais altas (2,5 3,5 e 4,5 ds/m) apresentaram  
19 porcentagem de germinação menor e um tempo de germinação mais prolongado em  
20 relação ao tratamento controle.

21 O tratamento 1,5 ds/m teve um aumento rápido na germinação inicial, no entanto,  
22 ocorreu uma rápida estabilização na sua germinação, sendo inferior ao demais  
23 tratamentos. A rápida estabilização na germinação pode ser explicada pela rápida  
24 absorção de água salina, que aumenta rapidamente o teor de sais dentro das sementes,  
25 afetando negativamente as células e inibindo ou parando o processo de germinação  
26 (IRVING, L. & ZHANG, H., 2021). Algumas espécies desenvolvem mecanismos de  
27 tolerância ao estresse salino, mas a eficácia desses mecanismos varia entre as espécies e  
28 os níveis de salinidade.

29 A germinação das sementes de *Euphorbia heterophylla* não apresentou diferença  
30 estatística nos níveis de salinidade avaliados, sugerindo a capacidade da espécie de  
31 competir com as culturas agrícolas que, na sua grande maioria, são sensíveis à salinidade.  
32 NIKOLIĆ (2023) obteve resultados semelhantes ao do presente trabalho nos quais a  
33 germinação de planta daninha de folha larga não foi influenciada pela salinidade.

1 A salinidade interfere na absorção de água pelas sementes, durante a germinação,  
2 resultando em uma diminuição na eficiência de absorção de água e na porcentagem de  
3 germinação. Os efeitos osmóticos e a toxicidade iônica são os principais mecanismos  
4 pelos quais a salinidade afeta a germinação (IBRAHIM et al., 2019 e FOTI et al., 2019).

5 O tempo médio de germinação (TMG) foi influenciado pelo aumento da  
6 salinidade, o tempo médio para uma semente exposta a 4,5 ds/m<sup>-1</sup> germinar foi 14%,  
7 respectivamente maior que para uma semente exposta a 1,5 ds/m<sup>-1</sup>. O índice de  
8 velocidade de germinação variou de 14,46 a 14,81, sendo o maior IVG, quando a semente  
9 foi exposta a 1,5 ds/m<sup>-1</sup> (Tabela 4).

10 A primeira contagem não foi influenciada pelas concentrações salinas e  
11 apresentaram valores de germinação igual à germinação final, demonstrando o alto vigor  
12 e poder agressivo da espécie em se adaptar a ambientes salinos nos quais não seriam  
13 ideais para algumas culturas agrícolas.

14 A salinidade é um dos principais fatores abióticos que afetam a produtividade  
15 agrícola global. A maioria das culturas agrícolas é sensível à salinidade (Shahid et al.,  
16 2020), o que permite que plantas daninhas tolerantes ao sal se sobressaiam, aumentando  
17 a competição e agressividade sobre as culturas.

### 19 **3.3.5 Efeito da profundidade de semente na germinação**

20 As sementes de *E. heterophylla* emergiram sob todas as condições de  
21 profundidades de semente entre 0,0 a 18,0 cm. A profundidade de 6 cm foi a ideal na  
22 qual as sementes expressaram seu máximo poder de emergência (80%), enquanto a menor  
23 emergência de plântulas ocorreu quando as sementes foram semeadas em uma  
24 profundidade de 15cm (Fig. 3). As sementes semeadas na superfície do solo emergiram  
25 próximo de 40%. A baixa emergência das sementes na superfície do solo pode estar ligada  
26 ao estresse ocasionado pela amplitude térmica da região, que variou de 25°C a 14°C, e  
27 umidade relativa do ar 92,8%, ocasionando estresse por umidade, o qual pode interferir  
28 no processo germinativo de sementes. Segundo SH. BAHRAMI (2020), a umidade acima  
29 de 90% dificulta a troca gasosa, ocasionando uma inibição na germinação de sementes.  
30 Consequentemente, a alta umidade relativa do ar irá ocasionar uma germinação  
31 desuniforme e prolongar o tempo médio de emergência e o índice de velocidade de  
32 emergência.

33 A variação na temperatura pode interferir no processo de germinação no presente  
34 estudo. Em condições controladas à temperatura de 25°C, não apresentou bons resultados,

1 pois as sementes que ficaram na profundidade 0cm podem não ter expressado seu  
2 potencial germinativo. Com a elevação da profundidade, observou-se um aumento  
3 potencial na germinação. Esse resultado está ligado à temperatura, que está mais elevada,  
4 quando se aumenta a profundidade da sementeira, proporcionando uma temperatura ideal  
5 para a germinação da espécie.

6 A luz é um fator essencial para a germinação de muitas espécies de plantas,  
7 influenciando a quebra da dormência e o início do processo germinativo. A sensibilidade  
8 à luz pode variar sazonalmente e entre diferentes profundidades do solo, e algumas  
9 espécies necessitam obrigatoriamente de luz para germinar (XU et al., 2021). No entanto,  
10 outras espécies não requerem esse estímulo e apresentam a capacidade de emergir em  
11 maiores profundidades, uma vez que suas sementes possuem maior armazenamento de  
12 reservas (JORGENSEN et al., 2019).

13 Entretanto, as sementes de *Euphorbia heterophylla* demonstram fotoblastismo  
14 neutro, permitindo a germinação tanto na presença quanto na ausência de luz. A  
15 germinação é fortemente influenciada pela temperatura, com um intervalo ótimo bem  
16 definido. Essas características permitem que a *E. heterophylla* responda eficazmente a  
17 diferentes mudanças térmicas, em diversas regiões, onde pode ser encontrada  
18 (CRISTAUDO et al., 2019).

19 Este estudo confirmou que a ausência de luz em grandes profundidades de  
20 sementeira, como em 18,0 cm, onde a luz se torna reduzida, as plantas de *E. heterophylla*  
21 apresentaram capacidade de emergir (Fig. 3). Contudo, a profundidade de sementeira  
22 interferiu significativamente nos percentuais de emergência. Os resultados divergem os  
23 dados relatados por SOUZA et al. (2021), os quais observaram que a profundidade de  
24 sementeira não interferiu significativamente sobre a germinação e emergência de *E.*  
25 *heterophylla*.

26 As diferentes profundidades afetaram o tempo médio de emergências (TME) das  
27 plântulas (tabela 5). O TME das sementes semeadas sobre o solo 0,0 cm foi 41% menor  
28 que as semeadas a 18cm de profundidade, conseqüentemente, apresentou um maior IVE.  
29 As sementes expostas a uma maior profundidade passaram em média 17,20 dias para  
30 emergir (tabela 5), esse fator pode estar ligado à baixa luminosidade ocasionada pela  
31 profundidade de sementeira. É importante salientar que a luz é necessária para a  
32 germinação da maioria das espécies de plantas daninhas (SOUZA et al., 2019).

33 A altura das plântulas está correlacionada diretamente com o tempo médio de  
34 emergência e o índice de velocidade de emergência, pois quanto menor o IVE e TME,

1 consequentemente, as plântulas serão maiores, já que emergiram mais rápido. A maior  
2 altura de planta foi observada na profundidade de 18 cm, no entanto, essas plântulas  
3 apresentaram baixa eficiência, uma vez que apresentaram um baixo acúmulo de massa  
4 seca.

5 O maior acúmulo de massa fresca e seca foi observado quando as sementes foram  
6 semeadas a 6cm de profundidade, sendo esta a profundidade ideal para a emergência, na  
7 qual as sementes expressaram seu poder germinativo, atingindo 80 %.  
8 Consequentemente, refletindo em maior massa fresca e seca pela maior quantidade de  
9 plantas emergidas no tratamento.

10

### 11 **3.4 CONCLUSÕES**

12 Houve redução da germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla* em  
13 condições de luz vermelho distante e temperatura alternada de 20-30° C. A espécie  
14 apresentou boa tolerância à salinidade, entretanto, restrição hídrica a partir de -0,2 Mpa  
15 afetou o processo germinativo. O pH não interferiu na germinação; e quanto à  
16 profundidade, a espécie foi capaz de emergir tanto em superfície quanto em  
17 profundidades maiores, evidenciando o seu potencial agressivo. Sementes semeadas a 6  
18 cm obtiveram maior emergência e vigor. Esses resultados fornecem informações  
19 essenciais para o manejo de *E. heterophylla*, contribuindo para o entendimento da  
20 ecologia desta espécie.

### 1 3.5 REFERÊNCIAS

- 2 AARESTRUP, J.R.; KARAM, D.; CORRÊA, E. J. A.; FERNANDES, G. W. **Análise da**  
3 **viabilidade de sementes de *Euphorbia heterophylla***. Planta Daninha, Viçosa-MG, v.  
4 26, n. 3, p. 515-519, 2008.
- 5 BAHRAMI, S.; TAJBAKSHI, M.; REZAEI-CHIYANEH, E. Evaluation of germination  
6 characteristics and durability of qareh alfalfa seeds under different storage conditions.  
7 [Iranian Journal of Seed Science and Technology](#) v. 9, n. 3, p. 27–44, 21 Nov. 2020.
- 8 BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ-  
9 RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). Sementes Florestais Tropicais.  
10 Brasília: ABRATES, 1993. p.83-135.
- 11 BRACCINI, A. L. et al. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico  
12 induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. **Revista Brasileira**  
13 **de Sementes**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 10-16, 1996.
- 14 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de  
15 sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa  
16 Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- 17 BRECKE, B. J. Wild Poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) Germination and  
18 Emergence. **Weed Science**, v. 43, n. 1, p. 103–106, 1 mar. 1995. Available from:  
19 <https://doi.org/10.1017/S0043174500080899>.
- 20 CARVALHO, D.B.; CARVALHO, R. I. N. Qualidade fisiológica de sementes de  
21 guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz. *Acta Scientiarum*.  
22 **Agronomy**. v. 31, n. 3, p. 489- 494, 2009.
- 23 CASTRO, A. et al. Selectivity and control of *Euphorbia heterophylla* in sugarcane by  
24 herbicide in post-emergence. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v.  
25 58, n. 6, p. 506–513, 3 jun. 2023.
- 26 CRISTAUDO, A. et al. Temperature and storage time strongly affect the germination  
27 success of perennial *Euphorbia* species in Mediterranean regions. **Ecology and**  
28 **Evolution**, v. 9, n. 19, p. 10984–10999, 21 set. 2019. Available from:  
29 <https://doi.org/10.1002/ece3.5535>.
- 30 Equipe RStudio. RStudio: Ambiente de Desenvolvimento Integrado para R. Boston, MA:  
31 RStudio, Inc; 2016.

1 FAROOQ, M.A.; MA, W.; SHEN, S.; GU, A. Underlying Biochemical and Molecular  
2 Mechanisms for Seed Germination (Mecanismos bioquímicos e moleculares subjacentes  
3 para a germinação de sementes Sci. 2022, 23). **International Journal of Molecular**  
4 **Sciences**, v.23, n.15, p. 8502, 2022. Available from: <  
5 <https://doi.org/10.3390/ijms23158502>>.

6 FOLLMER, C.; HUMMES, A.; LÂNGARO, N.; PETRY, C.; MOTERLE, D.;  
7 BORTOLUZZI, E. Nutrient availability and pH level affect germination traits and  
8 seedling development of *Conyza canadensis*. **Scientific Reports**, v.11, n.1, 2021  
9 Available from: < <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95164-7>>.

10 FORCELLA, F. Modelling seedling emergence. *Field Crops Research*, v. 67, n. 2, p. 123  
11 139, 2000.

12 FOTI, C.; KHAH, E.; PAVLI, O. Germination profiling of lentil genotypes subjected to  
13 salinity stress. **Plant biology**, v.21, n. 3, p. 480-486, 2019. Available from:  
14 < <https://doi.org/10.1111/plb.12714>>.

15 GOLONKA, D.; FISCHBACH, P.; JENA, S.; KLEEBERG, J.; ESSEN, L.;  
16 TOETTCHER, J.; ZURBRIGGEN, M.; MÖGLICH, A. Deconstructing and repurposing  
17 the light-regulated interplay between *Arabidopsis* phytochromes and interacting  
18 factors. **Communications Biology**, v.2, n.1, 2019. Available from: <  
19 <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0687-9>>.

20 IBRAHIM, M.; ABAS, N.; ZAHRA, S. Impact of Salinity Stress on Germination of  
21 Water Spinach (*Ipomoea aquatica*). **Annual Research & Review in Biology**, v.31, n.5,  
22 p.1-2, 2019. Available from: <<https://doi.org/10.9734/ARRB/2019/V31I530060>>.

23 IRVING, L.; ZHANG, H. Modelling the Effect of Salt and PEG on Water Uptake in  
24 Wheat Seeds. **Agronomy**, v.11, n.8, p.1660, 2021. Available from:  
25 < <https://doi.org/10.3390/agronomy11081660>>.

26 JORGENSEN, M.; LABOURIAU, R.; OLESEN, B. Jørgensen, M. S., Labouriau, R., &  
27 Olesen, B. (2019). Seed size and burial depth influence *Zostera marina* L. (eelgrass) seed  
28 survival, seedling emergence and initial seedling biomass development. **PLoS ONE**, v.  
29 14, n.4, p. e0215157, 2019. Available from:  
30 <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215157>>.

1 KANATAS, P.; NTAOULIS, V.; GAZOULIS, I.; ANDREOU, A.; DANASKOS, M.;  
2 MPOUNANOS, D.; KARANIKA, E.; PAPASTYLIANOU, P.; TRAVLOS, I. (2023).  
3 Seed Germination and Plant Growth under Drought Stress of Herbicide-Resistant and  
4 Herbicide-Susceptible Biotypes of Conyza Species and Smart Farming  
5 Approaches. **Agrochemicals**, v.2, n. 3, p. 436-445, 2023. Available from:  
6 <<https://doi.org/10.3390/agrochemicals2030024>>.

7 LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da  
8 Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p

9 MA, M.; ZHANG, H.; XIE, Y.; YANG, M.; TANG, J.; WANG, P.; YANG, R.; GU, Z.  
10 Response of nutritional and functional composition, anti-nutritional factors and  
11 antioxidant activity in germinated soybean under UV-B radiation. *Lwt - Food Science*  
12 **and Technology**, v. 118, p. 108709, 2020. Available from:  
13 <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108709>>.

14 MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling  
15 emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

16 MARQUES, R.P.; MARTINS, D.; A COSTA, S.I. de; VITORINO, H. dos S. Densidades  
17 de palha e condições de luminosidade na germinação de sementes de Euphorbia  
18 heterophylla. *Semina: Ciências Agrárias*, [S.L.], v. 33, n. 3, p. 867-872, 29 jun. 2012.  
19 Universidade Estadual de Londrina. Available from: <[http://dx.doi.org/10.5433/1679-](http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p867)  
20 [0359.2012v33n3p867](http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p867)>.

21 MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; NEGRISOLI, E.; STANGUERLIM, H.  
22 Comportamento germinativo de sementes de leiteiro (*Peschierafuchsiaefolia*): efeito da  
23 temperatura e luz. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 85-91, 2000.

24 MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000.  
25 *Plant Physiol.*, v. 51, n. 6, p. 914-916, 1973

26 NIKOLIĆ et al. Effects of the salinity-temperature interaction on seed germination and  
27 early seedling development: a comparative study of crop and weed species. **BMC Plant**  
28 **Biology**, v. 23, n. 1, 22 set. 2023.

29 NORSWORTHY, J. K., & Oliveira, J. Light and temperature requirements for common  
30 cocklebur (*Xanthium strumarium*) germination during after-ripening under field  
31 conditions. **Weed Science**, v. 55, n. 3, p. 227-234, 2007. Available from:

1 <<http://dx.doi.org/10.1614/WS-06-184>>

2 PAMPLONA, J. D. P.; SOUZA, M. D. F.; SOUSA, D. M. M.; DE MESQUITA, H. C.;

3 FREITAS, C. D. M.; LINS, H. A.; SILVA, D. V. Seed germination of *Bidens*

4 *subalternans* DC. Exposed to different environmental factors. **PLoS One**, v.15, n.5, p.

5 e0233228, 2020. Available from: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233228>>

6 POMPELLI, M.; JARMA-OROZCO, A.; RODRIGUEZ-PÁEZ, L. Imbibition and

7 Germination of Seeds with Economic and Ecological Interest: Physical and Biochemical

8 Factors Involved. Sustainability. **Sustentabilidade**, v.15, n.6, p. ), 5394, 2023. Available

9 from: <<https://doi.org/10.3390/su15065394>>.

10 SADEGHIANFAR, P.; Nazari, M.; Backes, G. Exposure to Ultraviolet (UV-C)

11 Radiation Increases Germination Rate of Maize (*Zea mays* L.) and Sugar Beet (*Beta*

12 *vulgaris*) Seeds. **Plants**, v.2, n. 8, p.49, 2019. Available from:

13 <<https://doi.org/10.3390/plants8020049>>.

14 SHAHID, M.; SARKHOSH, A.; KHAN, N.; BALAL, R.; ALI, S., ROSSI, L.; GÓMEZ,

15 C.; MATTSON, N.; NASIM, W.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F. Insights sobre os impactos

16 fisiológicos e bioquímicos do estresse salino no crescimento e desenvolvimento das

17 plantas. **Agronomy**, v.10, n.7, p. 938, 2020. Available from:

18 <<https://doi.org/10.3390/agronomy10070938>>.

19 SINGH M, THAPA R, KUKAL MS, IRMAK S, MIRSKY S, JHALA AJ. Effect of water

20 stress on weed germination, growth traits and seed production: a global meta-

21 analysis. **Weed Science**. v.70, n.6, p. 621-640, 2022. Available from:

22 <<https://doi.org/10.1017/wsc.2022.59>>

23 SOUZA FILHO, A. P. S. et al. Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens

24 cultivadas: *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 23-31,

25 2001

26 SOUZA, G. S. F.; MARQUES, R. F.; PEREIRA, M. R. R.; DE MARCHI, S. R.;

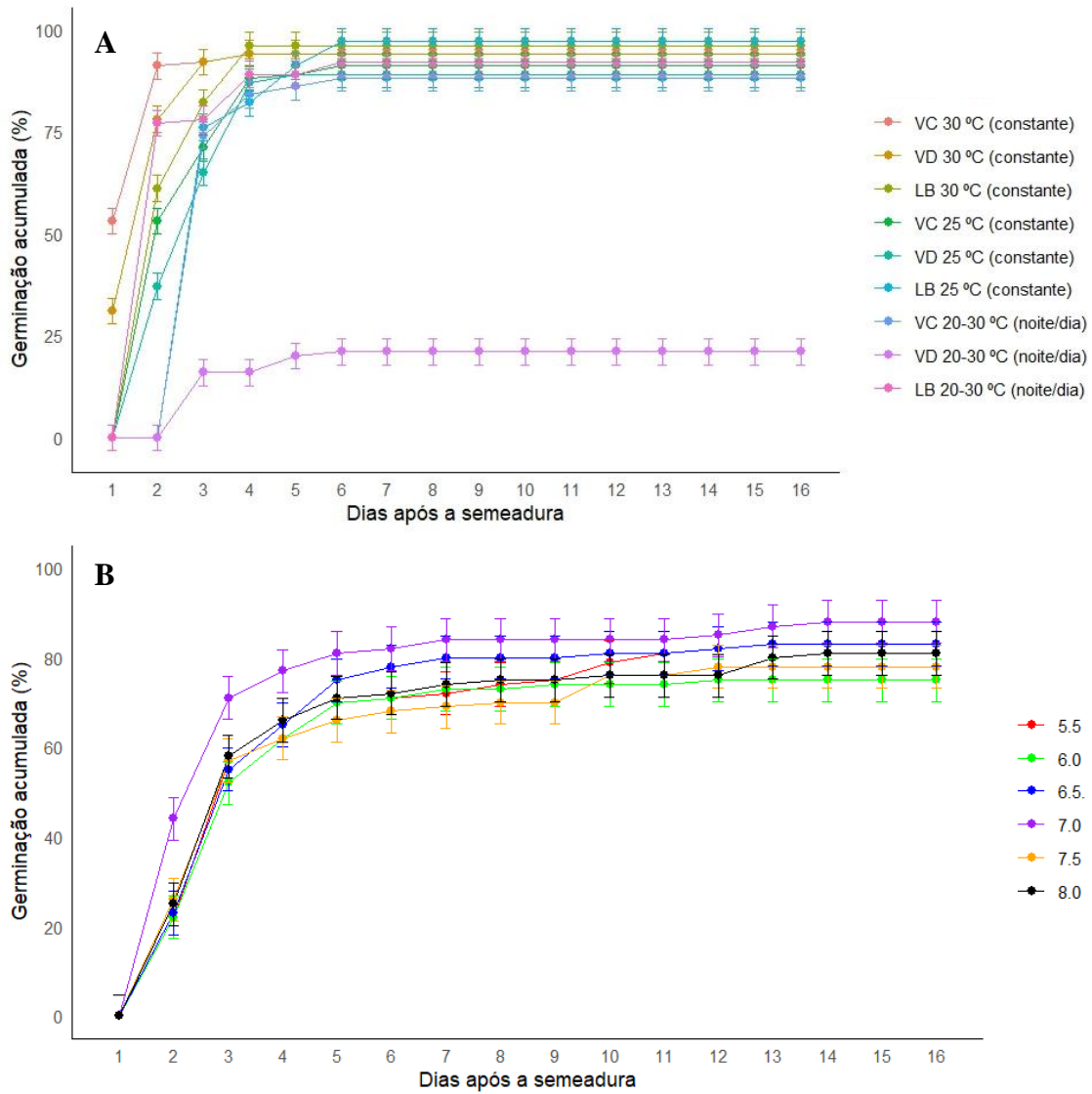
27 MARTINS, D. Light intensity and sowing depth on the emergence and development of

28 weeds. **Advances in Weed Science**, v. 39, p. e02100043, 2021. Available from:

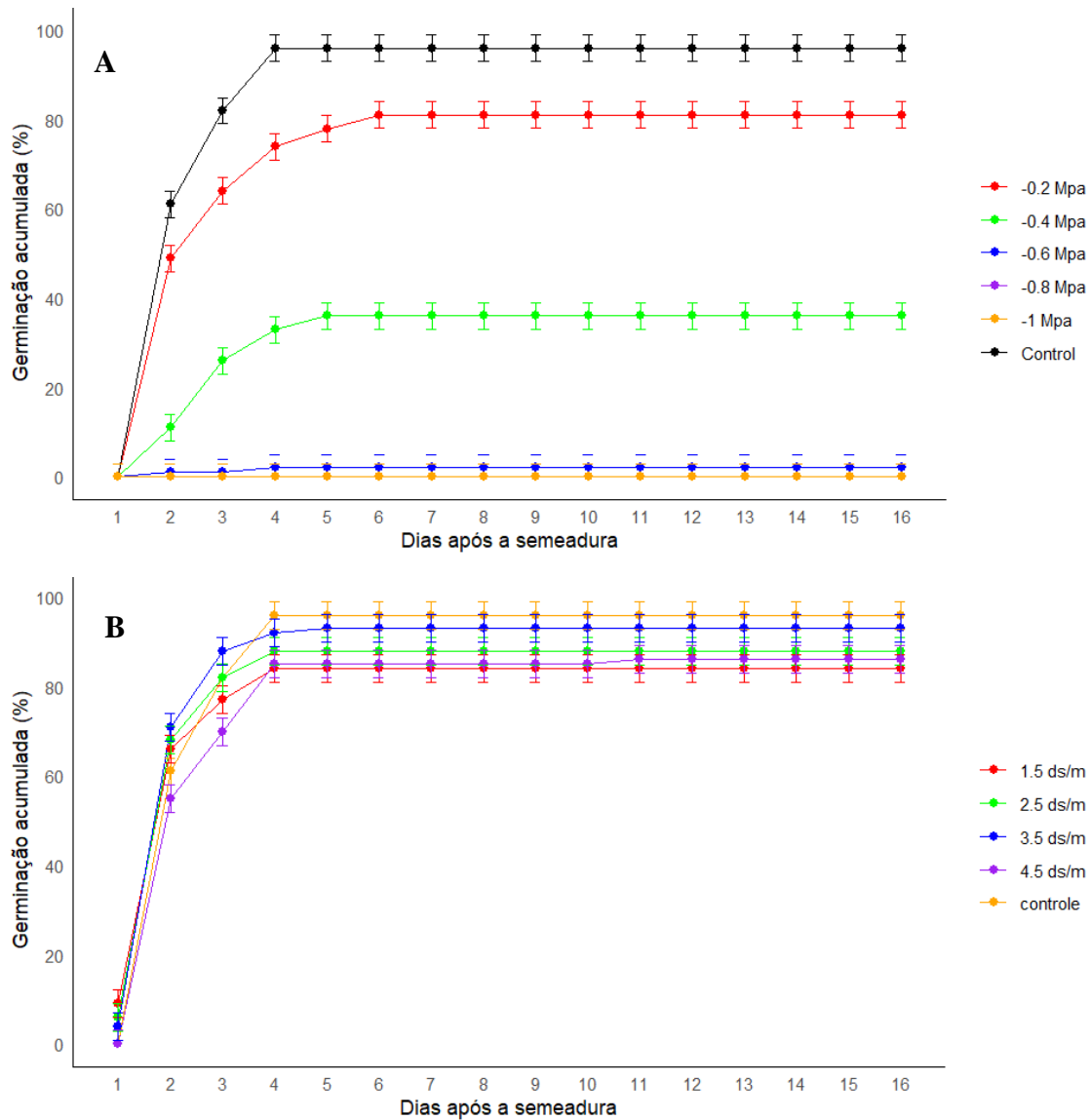
29 <<https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:00016>>

30

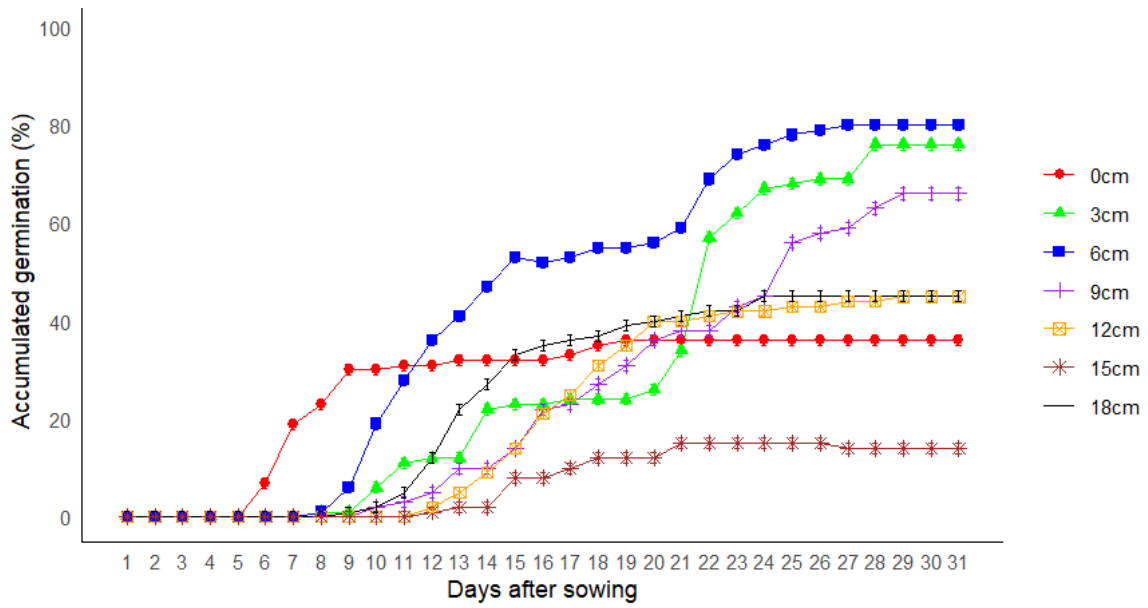
- 1 SUDA, C. N. K.; PEREIRA, M. F. D. A. Photosensitivity of *Euphorbia heterophylla* L.  
2 seeds during the Germination. **Revista Brasileira de Fisiologia de vegetal**. v.9, n.1,  
3 p.55–64, 1997.
- 4 THOMAS, P. E. L.; ALLISON, J. C. S. Competition between maize and *Rottboellia*  
5 *exaltata*. **Journal of Agricultural of Science**, v. 84, n.2, p. 305-312, 1975. Available  
6 from: <<https://doi.org/10.1017/S0021859600052448>>
- 7 VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and  
8 germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.24,  
9 n.1, p.69-87,1993.
- 10 VIVIAN, R.; SILVA, A.A; GIMENES, Jr., M; FAGAN, E.B; RUIZ, S.T; LABONIA, V.  
11 Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve  
12 revisão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, jan. 2008, p. 695-706.
- 13 XU, Y.; YE, J.; KHALOFAH, A.; ZUAN, A.; ULLAH, R.; EL-SHEHAWI, A. Ecologia  
14 da germinação de sementes de populações de *Conyza sumatrensis* provenientes de  
15 diferentes habitats e implicações para o manejo. **PLoS ONE**, v. 16, n.12, p. e0260674,  
16 2021. Available from: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260674>>.
- 17 YANG, L.; LIU, S.; LIN, R. The role of light in regulating seed dormancy and  
18 germination. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 62, n. 9, p. 1310–1326, set. 2020.
- 19 ZELENKOV, V.; Latushkin, V.; Karpachev, V.; Vernik, P.; Gavrilov, S.; Ivanova, M.  
20 Germination of rapeseed under continuous LED lighting in the modes of low-energy  
21 photon fluxes of monochromatic radiation. **Proceedings of the Komi Science Centre of**  
22 **the Ural Division of the Russian Academy of Sciences**, v.65, n.7, p.29-35, 2023.  
23 Available from: <<https://doi.org/10.19110/1994-5655-2023-7-29-35>>.



1  
 2 **Fig 1.** Germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla* em diferentes temperaturas e  
 3 comprimentos de onda (A) e em diferentes valores de pH (B) (barras verticais  
 4 representam menor diferença significativa, LSD,  $p \leq 0,05$ ).



1  
 2 **Fig 2.** Germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla* em diferentes potenciais  
 3 hídricos (A) e submetidas ao estresse salino (B) (barras verticais representam a diferença  
 4 menos significativa, LSD,  $p \leq 0,05$ ).



1  
 2 **Fig 3.** Germinação de sementes e crescimento inicial de *Euphorbia heterophylla*,  
 3 expostas a diferentes profundidades de semeadura (barras verticais representam a  
 4 diferença menos significativa, LSD,  $p \leq 0,05$ ).

1 **Tabela 1.** Concentrações de PEG 6000 utilizadas para se obter diferentes níveis de  
2 potencial osmótico

Potencial osmótico (Mpa)	Concentração (g PEG 6000/L H <sub>2</sub> O)
0,00	0,000
-0,05	50,080
-0,10	78,490
-0,20	119,571
-0,40	178,343
-0,60	223,664
-0,80	261,948
-1,0	295,704

3

- 1 **Tabela 2:** Índice de velocidade de germinação IVG, Tempo médio de germinação (TMG)  
 2 e primeira contagem de germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla*, submetidas  
 3 a diferentes temperaturas e comprimentos de luz

Temperatura	Comprimento de Luz		
	Luz Branca	Vermelho Distante	Vermelho Curto
<b>IVG</b>			
20/30	14,62Aa	13,49Cb	13,77Cb
25	13,57Bb	14,12Ba	14,29Ba
30	14,49Ab	15,14Aa	15,51Aa
CV(%)		16,77	
<b>TMG (Dias)</b>			
20/30	2,38Bb	3,51Aa	3,23Aa
25	3,43Aa	2,88Bb	2,71Bb
30	2,51Ba	1,86Cb	1,49Cb
CV(%)		16,78	
<b>PC (%)</b>			
20/30	92Aa	21Bb	88Aa
25	97Aa	89Aa	91Aa
30	96Aa	94Aa	94Aa
CV(%)		23,09	

- 4 \*Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não  
 5 diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1 **Tabela 3:** Tempo médio de germinação (TMG), Índice de velocidade de germinação e  
 2 primeira contagem de germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla* submetidas a  
 3 pH

pH	TMG (Dias)	IVG	PC (%)
5,5	4,06A	12,94A	68A
6,0	3,38A	13,62A	71A
6,5	3,54A	13,47A	71A
7,0	3,26A	13,73A	72A
7,5	3,77A	13,23A	78A
8,0	3,87A	13,13A	82A
CV(%)	16,09	4,40	17,24

4 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de  
 5 Tukey a 5% de probabilidade.

1 **Tabela 4:** Tempo médio de germinação (TMG), Índice de velocidade de germinação  
2 (IVG) e primeira contagem (PC) de germinação de sementes de *Euphorbia heterophylla*  
3 submetidas a diferentes concentrações salinas

Salinidades (ds/m)	TMG (Dias)	IVG	PC (%)
Controle	2,51A	14,49B	96,00A
1,5	2,20B	14,81A	84,25A
2,5	2,24AB	14,76AB	88,00A
3,5	2,25AB	14,74AB	93,00A
4,5	2,54A	14,46B	85,00A
CV(%)	5,95	0,96	9,15

4  
5 Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de  
6 Tukey a 5% de probabilidade.

1 **Tabela 5:** Tempo médio de emergência (TME), Índice de velocidade de emergência  
 2 (IVE), massa seca (MS) e altura de plântula (ALT) de *Euphorbia heterophylla*, semeadas  
 3 em diferentes profundidades

Profundidade (Cm)	TME (Dias)	IVE	MS (Mg)	ALT (Cm)
0,0	8,69C	23,31A	0,30BC	6,12B
3,0	19,60A	12,39C	0,32BC	4,99CD
6,0	15,12B	16,88B	0,69A	7,66A
9,0	20,10A	11,89C	0,28BC	4,33D
12,0	17,36AB	14,64BC	0,26BC	5,62CD
15,0	16,52AB	15,48BC	0,083C	6,75B
18,0	14,90B	17,09B	0,38B	8,10A
CV (%)	9,79	9,85	35,19	16,55

4 Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste  
 5 de Tukey a 5% de probabilidade.

**4. ARTIGO II:**

**Potencial alelopático de extrato vegetal de espécies leguminosas sobre a  
germinação e plântulas de *Euphorbia heterophylla***

-----  
**Situação:** Não publicado

## Artigo II

### Potencial alelopático de extrato vegetal de espécies leguminosas sobre a germinação e plântulas de *Euphorbia heterophylla*

#### ABSTRACT

*Euphorbia heterophylla* is a weed with a rapid reproductive cycle and resistance to herbicides in various regions of Brazil, negatively impacting crops such as soybean, corn, and cotton. Studies on allelopathy—the chemical influence between plants—indicate that extracts from legumes such as *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* can inhibit the germination of invasive species. These extracts contain bioactive compounds that interfere with plant development, being investigated as natural alternatives to synthetic herbicides. This study aimed to evaluate the allelopathic effect of these leguminous extracts on the germination and growth of *E. heterophylla*. The research was conducted at UESB and UFBA, where the plants were grown in pots. After four months, leaves and roots were collected for the extraction of bioactive compounds, using methanol as a solvent. The extracts were analyzed for their flavonoid and phenolic content and tested at different concentrations on weed seeds. Germination, seedling growth, and dry mass were monitored to assess inhibitory effects. The results indicated that *Leucaena leucocephala* exhibited a higher concentration of flavonoids and phenolics, especially in the leaves. These compounds possess antioxidant properties and may influence plant-plant interactions. The allelopathic activity analysis demonstrated that *Leucaena* extracts, from both leaves and roots, were more effective in inhibiting the germination and growth of *E. heterophylla*. The interaction between species and extract concentrations affected parameters such as mean germination time and seedling dry mass, reinforcing the potential of these legumes as natural agents for weed management.

**Keywords:** allelopathy, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, weed.

#### RESUMO

A *Euphorbia heterophylla* é uma planta daninha com ciclo reprodutivo acelerado e resistência a herbicidas em diversas regiões do Brasil, impactando negativamente culturas como soja, milho e algodão. Estudos sobre alelopatia – a influência química entre plantas – indicam que extratos de leguminosas como *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium* podem inibir a germinação de espécies invasoras. Esses extratos contêm substâncias bioativas que interferem no desenvolvimento de outras plantas, sendo investigados como

alternativas naturais aos herbicidas sintéticos. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito alelopático dos extratos dessas leguminosas sobre a germinação e o crescimento de *E. heterophylla*. As plantas foram cultivadas em vasos "na área experimental da UESB". Após quatro meses de crescimento, folhas e raízes foram coletadas e submetidas à maceração em metanol. A germinação, o crescimento das plântulas e a massa seca foram monitorados para avaliar os possíveis efeitos inibitórios. Os resultados indicaram que *Leucaena leucocephala* apresentou maior concentração de flavonoides e fenólicos, especialmente nas folhas. Essas substâncias, conhecidas por suas propriedades antioxidantes, podem influenciar a interação entre espécies vegetais. Os extratos de leucena, obtidos das folhas e raízes, demonstraram maior eficácia na inibição da germinação e do crescimento de *E. heterophylla*, evidenciando seu potencial para manejo sustentável de plantas daninhas. A interação entre espécies e concentrações dos extratos afetou parâmetros, como o tempo médio de germinação e a massa seca das plântulas, reforçando o potencial dessas leguminosas como agentes naturais para o manejo de plantas daninhas.

**Palavras-chave:** alelopatia, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, planta daninha.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

A *Euphorbia heterophylla*, popularmente conhecida como leiteira, café-do-diabo ou amendoim-bravo, desenvolve-se principalmente em solos férteis e úmidos. Trata-se de uma planta herbácea que pode atingir até 60 cm de altura, com um ciclo reprodutivo rápido, produzindo até 3.000 sementes por planta (Lorenzi 2014). É uma planta daninha de difícil manejo em áreas agrícolas, afetando culturas na Ásia, África, Austrália e América do Sul, infestando plantações que vão de perenes a anuais (Novakoski *et al.*, 2020).

Populações de *Euphorbia heterophylla*, resistentes a herbicidas, são comuns nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, impactando diretamente culturas como soja, milho e algodão (Palma-Bautista *et al.*, 2020). Diante disso, alternativas têm sido buscadas com o intuito de se obter métodos de controle eficientes para esta daninha. Alguns estudos explorando o potencial alelopático de espécies de leguminosas na germinação e crescimento de plântulas mostram resultados promissores.

A alelopatia refere-se ao efeito direto ou indireto de plantas sobre outras plantas adjacentes, mediado pela liberação de aleloquímicos que podem interferir no crescimento e desenvolvimento das espécies vizinhas (Khamare *et al.*, 2022). Esses aleloquímicos

funcionam como um sistema de defesa contra predadores herbívoros, ataques de microrganismos e competição com outras plantas (Kong *et al.*, 2019).

A ação de produtos, provenientes do metabolismo secundário de algumas espécies vegetais, pode impulsionar ou retardar o crescimento e desenvolvimento de outras espécies. Isso ocorre pela liberação dessas substâncias no ambiente, provocando alterações morfológicas e metabólicas nas espécies adjacentes (Erb e Kliebenstein 2020). As substâncias alelopáticas têm despertado o interesse no desenvolvimento de produtos que podem ser utilizados como herbicidas naturais, reduzindo os danos ambientais causados pelo uso de herbicidas convencionais (Khamare *et al.*, 2022).

Os compostos originários do metabolismo secundário das plantas estão presentes em diferentes quantidades, dependendo do órgão da planta (Kato-Noguchi & Kurniadie 2022), e podem ser tóxicos para outras espécies em diferentes estágios de desenvolvimento. Estudos mostram que o extrato vegetal de espécies leguminosas, como *Leucaena spp.*, tem impacto negativo sobre plantas ao redor, levando a danos significativos que as classificam como alelopáticas. Essa característica foi comprovada em estudos realizados por Chou & Kuo (1986). De acordo com Ribeiro *et al.* (2019), o dano potencial causado pelo efeito alelopático da leucena está relacionado à redução da capacidade de alongamento da radícula. Extratos aquosos das folhas de leucena, em diferentes concentrações, comprovaram o efeito inibitório sobre a germinação de *Mimosa bimucronata* DC. Kuntze.

Pesquisas recentes também apontam que extratos obtidos a partir de folhas de *Gliricidia sepium* possuem potencial alelopático, com capacidade de inibir a germinação e o crescimento de plantas, como milho e sorgo, devido à presença de compostos bioativos que interferem no desenvolvimento de outras espécies vegetais. Essa característica mostra-se vantajosa em práticas de controle natural de ervas daninhas, reduzindo a dependência de herbicidas sintéticos (Pereira *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2021). Informações a respeito dos efeitos alelopáticos dessas leguminosas sobre a germinação de sementes de plantas daninhas, como o leiteiro, praticamente inexistem, portanto, precisam ser estudados e elucidados, dada a importância das daninhas nos sistemas de cultivo. Diante do exposto, com este trabalho objetivou-se avaliar o potencial alelopático e determinar os teores de fenólicos e flavonoides totais de extratos provenientes de folhas e raízes de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* na germinação e plântulas *E. heterophylla*.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Sementes (LSEM) e em casa de vegetação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista –BA, e no Laboratório de Química III da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

### 4.2.1 Coleta do material botânico

As leguminosas *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos plásticos com capacidade de 20dm<sup>3</sup> de solo. A recomendação de adubação foi baseada na análise de solo (Tabela 1), seguindo as recomendações para vasos em cultivo protegido (NOVAIS et al., 1991), sendo aplicado 300 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 mg de K<sub>2</sub>O e 100 mg de N por dm<sup>3</sup> de solo, utilizando Ureia (45% de N), Cloreto de Potássio (KCl = 60% de K<sub>2</sub>O) e Monoamônio Fosfato (MAP = 12% de N e 61% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

**Tabela 1.** Características químicas do solo utilizado no experimento

Parâmetros													
pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Al <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	S.B	t	T	V	m	M.O	
H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>	-----Cmol/dm <sup>3</sup> -----									%		mg/dm <sup>3</sup>
4,6	1	0,13	0,6	0,5	0,8	2,3	1,2	2,0	4,3	28	39	8	

Condutividade elétrica (CE), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>)

Aos 15 DAS, foi realizado o desbaste, deixando-se três plantas por vaso. Após quatro meses de cultivo, procedeu-se com a coleta das folhas jovens e raízes, as quais foram lavadas em água corrente e congeladas em nitrogênio líquido.

### 4.2.2 Obtenção dos extratos vegetais

Para a preparação dos extratos, folhas jovens e raízes foram liofilizadas e trituradas em moinho de facas para obtenção de um pó com granulometria inferior a 500 µm. O material moído foi submetido a quatro extrações sucessivas com metanol, na proporção de 50g de pó vegetal para 200mL de metanol Pa (1:4). As amostras foram agitadas por 5 minutos e transferidas para frasco âmbar, envolto em papel alumínio, fechado hermeticamente e mantido em repouso por um período de 72 horas. Posteriormente, a solução foi filtrada a vácuo e concentrada sob pressão reduzida em um evaporador rotativo Buchi, modelo R300. O extrato matanólico obtido foi acondicionado

em placas de Petri e mantido em estufa com circulação de ar a 30 °C, até o momento de sua utilização.

#### 4.2.3 Determinação do teor de flavonoides e fenólicos totais

O TFT (Teor de Flavonoides Totais) foi quantificado por um ensaio colorimétrico usando-se o método do cloreto de alumínio (Ghasemzadeh *et al.*, 2015; Nirmala *et al.*, 2020), com adaptações. Inicialmente, foi preparada uma solução de 1,0 mL<sup>-1</sup> do extrato metanólico em metanol. Em seguida, 1 mL dessa solução foi transferida para um tubo Falcon, contendo 4 mL de água destilada, seguidos de adição de 300 µL de NaNO<sub>2</sub>. As amostras foram agitadas em vórtex por 30 segundos. Posteriormente, foram adicionados 300 µL de AlCl<sub>3</sub>, com nova agitação vigorosa por mais 30 segundos. Após esse tempo, 2 mL de NaOH 1,0 mol L<sup>-1</sup> foram adicionados, e as amostras foram deixadas em repouso por 15 minutos antes da leitura. As absorbâncias das amostras foram medidas com o auxílio de espectrofotômetro a 510 nm. Uma curva de calibração foi preparada utilizando-se quercetina, nas concentrações de 150, 300, 450, 600 e 750 µg mL<sup>-1</sup>, seguindo a mesma metodologia empregada para os extratos. Todas as análises foram realizadas em triplicata. O TFT foi calculado a partir da curva de calibração, utilizando-se a quercetina como padrão. Os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de quercetina por grama de extrato (mg EQ·g<sup>-1</sup>).

O TPT (Teor de Fenólicos Totais) dos extratos foi determinado usando-se o método de Folin-Ciocalteu com adaptações (Moreira *et al.*, 2020). Uma solução de 100 µL do extrato (150 µg mL<sup>-1</sup>), preparada em metanol, foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL. Em seguida, adicionou-se 500 µL do reagente de Folin-Ciocalteu e 5 mL de água ultrapura, e o balão foi agitado por 1 min. Após esse tempo, foram adicionados 2 mL de solução de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (15% p/v), seguidos de nova agitação por 30 segundos. O volume final foi ajustado com água ultrapura e a solução foi mantida no escuro, à temperatura ambiente, por 60 minutos. A reação foi realizada em triplicata. Após 1 h, a absorbância da solução foi medida a 760 nm. Uma curva de calibração foi preparada utilizando-se o ácido gálico, nas concentrações de 150, 300, 450, 600 e 750 µg mL<sup>-1</sup>, seguindo o mesmo protocolo empregado para as amostras. A concentração de TPT foi determinada a partir da curva de calibração, utilizando-se o ácido gálico como padrão, e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama de extrato (mg GAE·g<sup>-1</sup>).

#### 4.2.4 Análise da atividade alelopática dos extratos vegetais

A verificação do potencial alelopático dos extratos vegetais de cada espécie, nas diversas concentrações, foi realizada por avaliação de germinação e das plântulas. Foram conduzidos dois ensaios, um para cada parte da planta (folhas e raiz), em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes. Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 2 x 5, sendo duas espécies (*Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala*) e cinco concentrações. Para os extratos provenientes das raízes, foram estudadas as seguintes concentrações 0,0 (testemunha); 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 mg/mL. Para os extratos oriundos de folhas, foram estudadas as seguintes concentrações 0,0 (testemunha); 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mg/ml.

Para o teste de germinação, quatro repetições de 25 sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1%, por 3 min (Carvalho & Carvalho, 2009) e semeadas em caixas gerbox transparentes (11 cm x 11 cm x 3,5 cm), tendo como substrato duas folhas de papel germitest autoclavado, umedecidas com quantidade de solução de cada concentração, equivalente a três vezes a massa do papel seco. No caso da testemunha, utilizou-se água destilada para umedecer o substrato. Em seguida, essas caixas foram acondicionadas em sacos plásticos, com espessura de 0,05 mm, visando à conservação da umidade, e mantidas em germinador do tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a 30°C, com fotoperíodo de 12 horas de luz. As avaliações foram efetuadas diariamente, até o décimo sexto dia após a semeadura (DAS) (Brasil 2009), considerando como germinadas as sementes que apresentavam 2 mm de protrusão radicular. A primeira contagem da germinação foi conduzida juntamente com o teste de germinação, sendo a primeira contagem realizada aos seis dias após a instalação do teste. A porcentagem de germinação foi obtida pela equação:  $G = (N/A) \cdot 100$ , N é o número total de sementes germinadas e A é o número total de sementes colocadas para germinar. A primeira contagem corresponde ao percentual de sementes germinadas aos seis DAS. Para o cálculo do Tempo médio de germinação (TMG), foi utilizado o número de plântulas normais contabilizadas no intervalo entre cada contagem ( $n_i$ ) e o tempo decorrido entre o início da germinação e a  $i$ -ésima contagem ( $t_i$ ), conforme proposto por Labouriau (1983):  $TMG = \sum(n_i t_i) / (\sum n_i)$ . O índice de velocidade de germinação foi calculado a partir das contagens diárias do número de sementes germinadas, através da fórmula:  $IVG = G_1 / N_1 + G_2 / N_2 + \dots + G_n / N_n$  (MAGUIRE, 1962).

As análises de diferenciação do desenvolvimento das plântulas, em resposta aos diferentes extratos, foram realizadas por meio de análise morfométrica de plântulas germinadas, efetuando-se a medição da raiz e parte aérea com o auxílio de uma régua graduada em mm. A massa seca das plântulas foi determinada coletando-se as plântulas aos 16 DAS, com posterior secagem em estufa, em circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até atingir peso constante, quando foi realizada a pesagem em balança analítica.

#### **4.2.5 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à avaliação de das variâncias por meio do teste de Cochran e à verificação da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA), significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade; as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para avaliar os efeitos do extrato vegetal. foi realizado a análise de regressão polinomial, sendo os modelos selecionados com base na significância do teste F ( $p < 0,05$ ) e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R.

### **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.3.1 Teor de flavonoides (TFT) e fenólicos totais (TPT)**

Ambas as espécies estudadas apresentaram flavonoides, como era esperado, visto que, segundo Harborne *et al.* (1971), as espécies da família Leguminosae são ricas em flavonoides, inclusive contendo compostos exclusivos ou em maior quantidade nesta família.

Neste estudo, verificou-se que a espécie leucena apresentou maiores teores de flavonoides, tanto em extrato de folha quanto de raiz, quando comparada com a gliricidia. Entretanto, os flavonoides foram encontrados em maior quantidade nos extratos das folhas das duas leguminosas avaliadas, em comparação com os extratos provenientes das raízes (Tabela 2).

Os maiores teores de flavonoides presentes nas folhas estão relacionados ao fato dessas substâncias auxiliarem na proteção das folhas contra os raios UV e proteção de herbívoros, enquanto as raízes apresentam menores por estarem protegidas do sol e de herbívoros (Ferreira *et al.*, 2021, Kumar *et al.*, 2023).

A distribuição de flavonoides nas plantas pode variar significativamente entre diferentes órgãos, como folhas, raízes, flores e frutos, e é influenciada por fatores como

espécie, condições ambientais e métodos de extração. Portanto, ao comparar os teores de flavonoides encontrados em diferentes estudos, é comum observar variações nas quantidades detectadas, refletindo essas influências (Turatbekova *et al.*, 2023).

Na tabela 2, estão apresentados os valores de fenólicos totais presentes nos extratos produzidos, a partir de folhas e raízes de leucena e gliricidia. Nota-se que, ao comparar as espécies, o extrato produzido a partir de folhas ( $151,2 \pm 6,1$  mg EAG  $g^{-1}$ ) de leucena apresentou maiores valores de fenólicos totais, enquanto o extrato advindo de folhas de gliricidia teve menor quantidade de fenólicos ( $46,2 \pm 3,6$  mg EAG  $g^{-1}$ ). Quando os extratos foram provenientes da raiz das espécies estudadas, os teores médios de fenólicos não diferiram entre si estatisticamente (tabela 2). Já o extrato preparado a partir das folhas e raiz de *S. trachypus*, por Neves *et al.* (2020), apresentou um teor de fenólicos totais de  $184,80 \pm 5,09$  e  $191,3$  mg EAG  $g^{-1}$ , respectivamente.

**Tabela 2** – Teor de flavonoides totais (TFT) e Teor de fenólicos totais (TPC)

	TFT	TPC
Extrato/Padrão	mg EQ $g^{-1} \pm DP^*$	mg EAG $g^{-1} \pm DP^*$
Gliricida Folha	$82,3 \pm 4,0cb$	$46,2 \pm 3,6c$
Gliricidia Raiz	$66,2 \pm 2,6c$	$86,3 \pm 3,4b$
Leucena Folha	$173,7 \pm 9,3a$	$151,2 \pm 6,1a$
Leucena Raiz	$96,8 \pm 1,8b$	$93,6 \pm 6,1b$

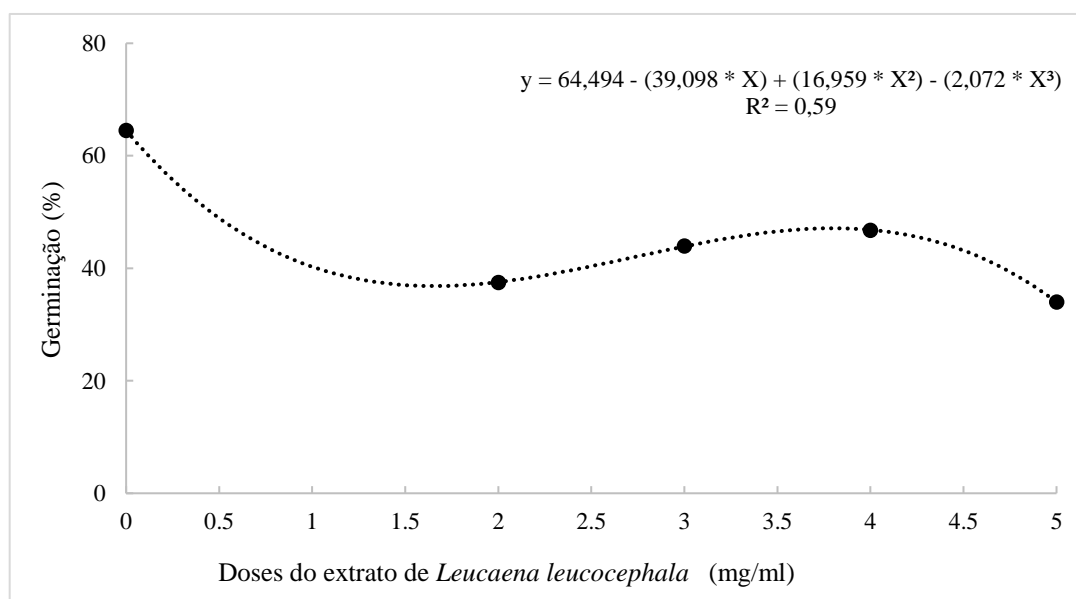
\* Os resultados são expressos como média  $\pm$  desvio padrão ( $n=3$ ). Valores seguidos da mesma letra na coluna não demonstraram diferença significativa comparando os valores dos extratos,  $p < 0,05$  (análise de variância de uma via, seguida do pós-teste de Tukey). mg EQ  $g^{-1}$  = mg de equivalente de quercetina por grama do extrato e mg EAG  $g^{-1}$  = mg de equivalente de ácido gálico por grama do extrato.

Substâncias fenólicas são metabólitos secundários amplamente distribuídos nas plantas, conhecidos por suas propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias (Liu *et al.*, 2020). Em leguminosas, os teores desses compostos variam de acordo com a espécie, as condições de cultivo e os métodos de extração. Por exemplo, extratos de feijão (*Phaseolus vulgaris*) demonstraram conter teores de compostos fenólicos entre  $0,5$  e  $2,5$  mg EAG  $g^{-1}$  (Sharma *et al.*, 2022), enquanto em soja os teores podem ser ainda mais elevados, superando  $3$  mg EAG  $g^{-1}$ , especialmente devido à presença de isoflavonas, que são compostos fenólicos específicos dessa espécie (Silva *et al.*, 2021). A espécie leucena (*Leucaena leuciceohala*) apresenta metabólitos secundários, como Flavonoides Glicosilados (Miricetina-3-O-hexosídeo, Miricetina-3-arabinosídeo, Derivado de ramnose de mircetina, Quercetin-3-O-arabosídeo, Quercetin-

3-O-pentoside, Quercetin 3-O-rhamnoside Kaempferol-3-O-pentoside, Kaempferol-3-O-rhamnoside), gliricidia (*Gliricidia sepium*) apresenta os seguintes Flavonoides Glicosilados (Apigenina-di-C-dihexose-O-desoxihexose, Isômero de apigenina-di-C-dihexose-O-desoxihexose, Apigenina-7-O-glicosídeo, Rutina) (Romero *et al.*, 2020). Esses compostos desempenham um papel importante na defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos, além de apresentarem diversos benefícios à saúde humana, como a redução do risco de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (Silva *et al.*, 2022).

#### 4.3.2 Análise da atividade alelopática dos extratos vegetais

O modo de ação e a função de cada extrato vegetal dependerá da substância química predominante e de sua concentração na composição química da planta. As espécies avaliadas neste trabalho evidenciaram potencial alelopático de atuar no processo germinativo de *Euphorbia heterophylla*, cujos resultados variaram de acordo com a parte da planta usada para produzir o extrato vegetal e a dose utilizada.



**Figura 1:** Efeito de doses do extrato proveniente de folhas de *Leucaena leucocephala* em diferentes concentrações, na germinação de *Euphorbia heterophylla*.

O efeito de doses do extrato proveniente de folhas de *Leucaena leucocephala*, em diferentes concentrações, na germinação de *Euphorbia heterophylla*, pode ser visualizado na Figura 1. Observa-se que a germinação apresentou uma tendência decrescente inicial com o aumento das doses, atingindo um ponto mínimo por volta da dose de 2 mg/mL, seguido de um leve incremento nas doses subsequentes até aproximadamente 4 mg/mL,

e uma nova redução na maior concentração avaliada (5 mg/mL). Essa resposta infere a existência de um efeito alelopático do extrato de leucena, com possível inibição da germinação em concentrações mais baixas, seguida de uma recuperação parcial em doses intermediárias e posterior queda em doses mais elevadas. Essa variação pode estar relacionada à presença de compostos secundários com ação bifásica ou à tolerância diferencial das sementes aos metabólitos presentes no extrato. A forma não linear da curva reforça a complexidade da resposta fisiológica das sementes aos compostos alelopáticos presentes nas folhas de leucena.

Ishak (2016) observou que extratos provenientes de folhas de leucena reduziu a germinação das sementes em de *Ageratum conyzoides* em 48%, *Tridax procumbens* 36% e *Emilia sonchifolia* 32%, em comparação com o controle. O extrato de folhas *gliricidia* reduziu a germinação de três espécies de plantas daninhas (*Ageratum conyzoides*, *Bidens pilosa* e *Ceoma áspera*), nas concentrações 8 e 6% p/v (Ranawana, 2024). Esses resultados corroboram o do presente trabalho, no qual quando se aumentou a concentração reduziu-se a germinação das sementes de *E. heterophylla*.

**Tabela 2-** Modelo de regressão polinomial de 3 ordem para estimar massa seca (MS), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), germinação (G), comprimento de raiz (CR), comprimento de plântula (CP) e primeira contagem (PC) em função de doses de extratos provenientes de folhas e raízes de duas espécies de leguminosas: leucena e *gliricidia*.

Leucena Folha	r <sup>2</sup>	P valor
MS = 45,575 - (41,012 * X) + (13,700 * X <sup>2</sup> ) - (1,420 * X <sup>3</sup> )	0,82	<0,001**
TMG = 2,991 + (1,939 * X) - (0,757 * X <sup>2</sup> ) + (0,0873 * X <sup>3</sup> )	0,46	0,048*
IVG = 14,162 - (2,007 * X) + (0,763 * X <sup>2</sup> ) - (0,0868 * X <sup>3</sup> )	0,44	0,058 <sup>ns</sup>
G = 64,494 - (39,098 * X) + (16,959 * X <sup>2</sup> ) - (2,072 * X <sup>3</sup> )	0,59	0,013*
CR = 8,575 - (2,443 * X) + (0,347 * X <sup>2</sup> ) - (0,0270 * X <sup>3</sup> )	0,80	<0,001**
CP = 6,198 - (0,809 * X) + (0,121 * X <sup>2</sup> ) - (0,0230 * X <sup>3</sup> )	0,81	<0,001**
PC = 45,330 - (27,702 * X) + (13,151 * X <sup>2</sup> ) - (1,666 * X <sup>3</sup> )	0,40	0,078 <sup>ns</sup>
Gliricidia Folha		
MS = 45,536 - (24,375 * X) + (5,964 * X <sup>2</sup> ) - (0,375 * X <sup>3</sup> )	0,62	0,009*
TMG = 3,017 + (1,813 * X) - (0,770 * X <sup>2</sup> ) + (0,0828 * X <sup>3</sup> )	0,27	0,176 <sup>ns</sup>
IVG = 14,136 - (1,958 * X) + (0,814 * X <sup>2</sup> ) - (0,0869 * X <sup>3</sup> )	0,27	0,182 <sup>ns</sup>
G = 64,492 - (18,893 * X) + (7,831 * X <sup>2</sup> ) - (0,869 * X <sup>3</sup> )	0,44	0,059 <sup>ns</sup>
CR = 8,550 - (2,632 * X) + (0,162 * X <sup>2</sup> ) + (0,0152 * X <sup>3</sup> )	0,95	<0,001**
CP = 6,208 - (1,543 * X) + (0,389 * X <sup>2</sup> ) - (0,0379 * X <sup>3</sup> )	0,78	<0,001**
PC = 45,382 - (9,760 * X) + (5,757 * X <sup>2</sup> ) - (0,714 * X <sup>3</sup> )	0,24	0,211 <sup>ns</sup>
Leucena Raiz		
MS = 45,707 - (28,512 * X) - (1,286 * X <sup>2</sup> ) + (4,333 * X <sup>3</sup> )	0,65	0,006*
TMG = 3,059 + (6,269 * X) - (7,838 * X <sup>2</sup> ) + (2,604 * X <sup>3</sup> )	0,47	0,047*
IVG = 14,091 - (6,722 * X) + (8,230 * X <sup>2</sup> ) - (2,706 * X <sup>3</sup> )	0,45	0,051 <sup>ns</sup>
G = 64,779 - (54,298 * X) + (67,857 * X <sup>2</sup> ) - (21,667 * X <sup>3</sup> )	0,25	0,202
CR = 8,721 + (0,518 * X) - (6,582 * X <sup>2</sup> ) + (2,573 * X <sup>3</sup> )	0,81	<0,001**

CP = 6,199 - (0,621 * X) - (0,0643 * X <sup>2</sup> ) + (0,0683 * X <sup>3</sup> )	0,10	0,446 <sup>ns</sup>
PC = 45,950 - (31,917 * X) + (55,000 * X <sup>2</sup> ) - (20,333 * X <sup>3</sup> )	0,27	0,180 <sup>ns</sup>
<b>Gliricidia Raiz</b>		
MS = 45,621 - (37,702 * X) + (38,143 * X <sup>2</sup> ) - (10,333 * X <sup>3</sup> )	0,20	0,264 <sup>ns</sup>
TMG = 2,955 + (3,734 * X) - (2,235 * X <sup>2</sup> ) + (0,331 * X <sup>3</sup> )	0,56	0,018*
IVG = 14,195 - (4,188 * X) + (2,627 * X <sup>2</sup> ) - (0,433 * X <sup>3</sup> )	0,54	0,024*
G = 64,679 - (27,798 * X) + (29,857 * X <sup>2</sup> ) - (7,667 * X <sup>3</sup> )	0,23	0,229 <sup>ns</sup>
CR = 8,604 - (1,341 * X) + (2,179 * X <sup>2</sup> ) - (1,275 * X <sup>3</sup> )	0,79	<0,001**
CP = 6,179 + (0,754 * X) - (1,424 * X <sup>2</sup> ) + (0,428 * X <sup>3</sup> )	0,26	0,193 <sup>ns</sup>
PC = 46,236 - (2,726 * X) - (0,429 * X <sup>2</sup> ) + (2,333 * X <sup>3</sup> )	0,28	0,171 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade.

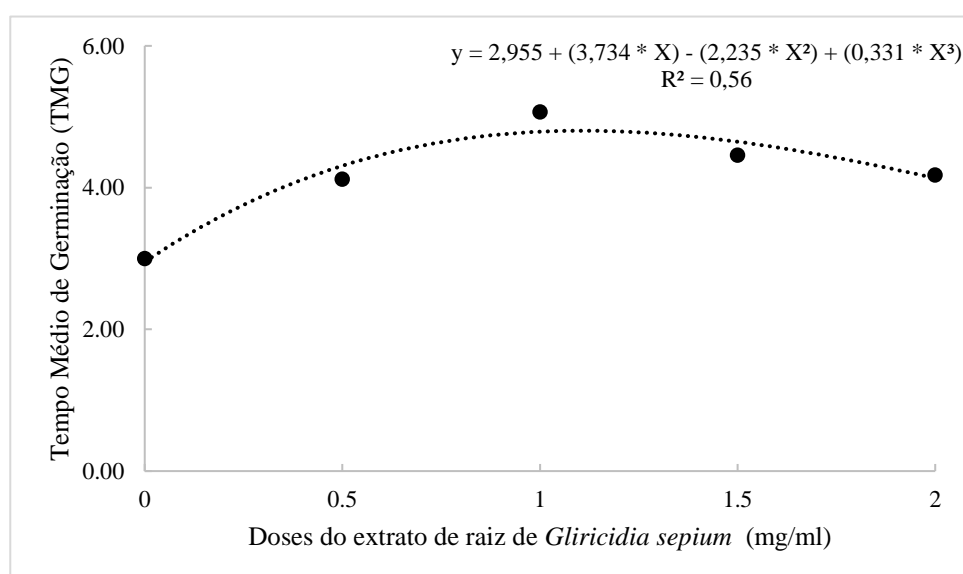
A germinação das sementes, em resposta às diferentes concentrações do extrato obtido de folhas de *Gliricidia*, foi avaliada por meio do ajuste de um modelo de regressão (Tabela 2). O coeficiente de determinação sugere que 44% da variação observada pode ser explicada pelas diferentes concentrações do extrato. Apesar da tendência de variação não linear da germinação, em função da dose, o modelo não apresentou significância estatística. Esses resultados indicam que, embora haja indícios de um comportamento polinomial na resposta germinativa, a relação entre a concentração do extrato de *Gliricidia* e a germinação não foi estatisticamente comprovada nas condições avaliadas.

A germinação das sementes, em resposta às diferentes concentrações dos extratos provenientes das raízes de *Leucena* e *Gliricidia*, foi avaliada por meio do ajuste de modelos de regressão. Para o extrato de raiz de *Leucena*, coeficiente de determinação de 0,25. De forma semelhante, o extrato de raiz de *Gliricidia* com R<sup>2</sup> de 0,23. Ambos os modelos indicam uma tendência de resposta polinomial da germinação em função da concentração dos extratos, mas com baixo poder explicativo e sem significância estatística, sugerindo que, nas condições testadas, não foi possível comprovar uma relação consistente entre o aumento das doses dos extratos radiculares e a variação no percentual de germinação (Tabela 2).

A primeira contagem das sementes, em resposta às diferentes concentrações dos extratos das folhas e raízes de *Leucena* e *Gliricidia*, foi estimada por meio do ajuste de modelos de regressão. Para o extrato de folha de *Leucena*, o coeficiente de determinação foi de 0,40; de forma semelhante, o extrato de folha de *Gliricidia* apresentou um R<sup>2</sup> ajustado de 0,24. No caso do extrato de raiz de *Leucena*, o coeficiente de determinação foi de 0,27; já o extrato de raiz de *Gliricidia* apresentou um R<sup>2</sup> ajustado de 0,28 (Tabela 2). Ambos os modelos indicaram uma tendência polinomial na primeira contagem, em resposta à concentração dos extratos, mas com baixo poder explicativo e sem significância estatística, sugerindo que não foi possível estabelecer uma correlação

consistente entre o aumento das doses dos extratos radiculares e a variação no percentual de germinação.

Cechin *et al.* (2023), em seu estudo sobre extrato aquoso de trigo sarraceno comprometendo a germinação de sementes e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla*, observaram que o extrato proveniente de sementes não afetou a germinação independentemente da concentração. Esses resultados corroboram o do presente trabalho no qual as concentrações de extratos não proveniente de folhas não interferiram na germinação das sementes de *Euphorbia heterophylla*, ressaltando sua capacidade de germinar em diversos ambientes, com concentrações diferentes de substâncias oriundas do metabolismo secundário, pois cada espécie vegetal apresenta concentrações diferentes de composto; como foi observado no presente trabalho.



**Figura 2:** Efeito de extrato proveniente de raiz de *Gliricidia sepium* em diferentes concentrações no tempo médio de germinação de *Euphorbia heterophylla*.

Modelos de regressão ajustados para analisar o efeito de diferentes concentrações dos extratos das folhas de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium* sobre o Tempo Médio de Germinação (TMG). Para o extrato de leucena, o coeficiente de determinação foi de 0,46, com significância estatística p-valor de 0,048, o que indica que o modelo explica moderadamente a variação observada nos dados e que o efeito das concentrações sobre a germinação é estatisticamente significativo (Tabela 2).

Já para o extrato de *gliricidia*, o modelo apresentou um  $R^2$  de 0,27 e um p-valor de 0,176, sinalizando que não houve significância estatística no efeito das concentrações desse extrato sobre a germinação (Tabela 2). Esses resultados mostram que apenas o

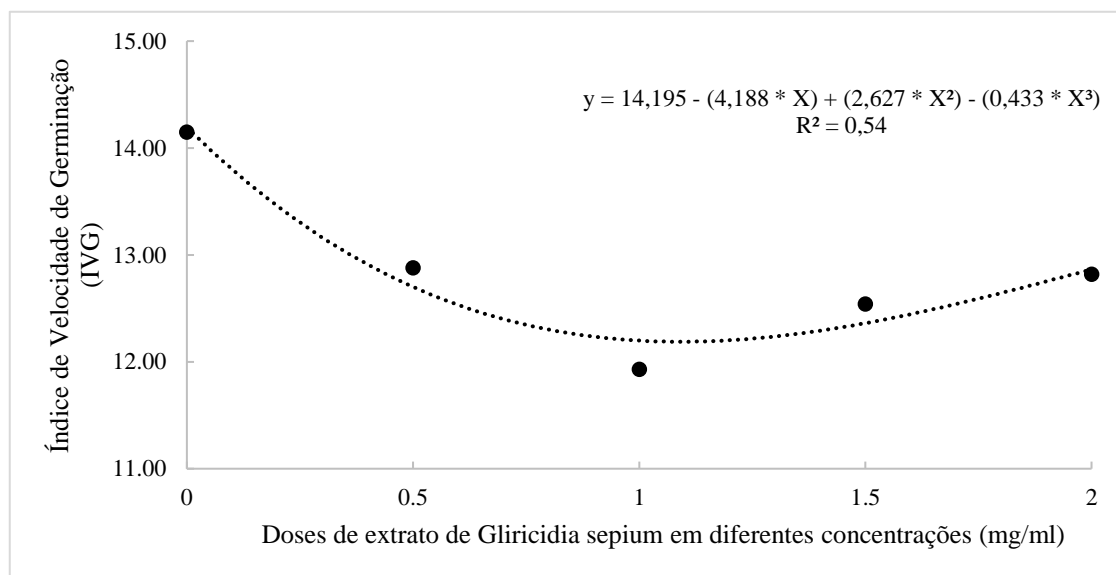
extrato de leucena teve um efeito significativo sobre o TMG, sugerindo um maior potencial alelopático, em comparação ao extrato de *gliricídia*, nas condições testadas. Estudos realizados por outros autores verificaram o potencial alelopático de extratos aquosos de folhas de leucena reduzindo a germinação e a velocidade de germinação de *Pterogyne nitens* e *Peltophorum dubim*, especialmente em concentrações mais altas (Alvim *et al.*, 2023). Em outro estudo, os extratos de leucena também inibiram a germinação de *Mimosa bimucronata*, mas não afetaram a germinação de *P. dubium* (De Mattos Ribeiro *et al.*, 2019).

A relação entre a concentração do extrato de raiz de *Gliricidia sepium* e o tempo médio de germinação (TMG) demonstra um comportamento não linear, com aumento do TMG até a dose de aproximadamente 1,0 mg/mL, seguido por uma tendência de redução nas doses mais elevadas. Esse padrão sugere que concentrações intermediárias do extrato de *gliricídia* retardaram a germinação das sementes, enquanto concentrações mais altas não mantiveram esse efeito inibitório de forma proporcional (Figura 2). Ensaio realizados por Barbosa *et al* (2018) observaram que extratos da espécie *Pachyrhizus erosus* L., de acordo com o aumento da concentração do extrato, teve uma diminuição no tempo médio de germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes de *E. heterophylla*.

A elevação inicial no TMG pode ser atribuída à presença de compostos alelopáticos com ação fitotóxica, como flavonoides e fenólicos, na composição química de extratos de *G. sepium*. Esses metabólitos secundários podem interferir em processos fisiológicos, como a quebra de dormência, a absorção de água e a atividade enzimática envolvida na germinação. No entanto, a diminuição do TMG, nas doses mais altas, pode indicar um efeito de saturação ou a indução de mecanismos de tolerância por parte das sementes, conforme descrito por Alvin *et al.* (2023), em estudos com extratos vegetais contendo compostos fenólicos. Tais resultados reforçam a complexidade das interações alelopáticas e evidenciam a necessidade de estudos adicionais para elucidar os mecanismos envolvidos.

Modelos de regressão foram ajustados com o objetivo de descrever o comportamento do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em função das doses dos extratos de raiz de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*. Para o extrato de raiz de leucena, o modelo obtido com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,45 e valor de p igual a 0,051. Embora o modelo não tenha apresentado significância estatística ao nível de 5%, os resultados indicam tendência de efeito das doses sobre o IVG ( $p < 0,10$ ), sugerindo

possível influência alelopática. Por sua vez, o modelo ajustado para o extrato de raiz de *gliricídia* foi com  $R^2$  de 0,54 e p-valor de 0,024, indicando que o efeito das doses sobre o IVG foi estatisticamente significativo. Esses resultados evidenciam que, entre os extratos avaliados, o extrato de raiz de *gliricídia* apresentou maior capacidade de interferir na velocidade de germinação das sementes.

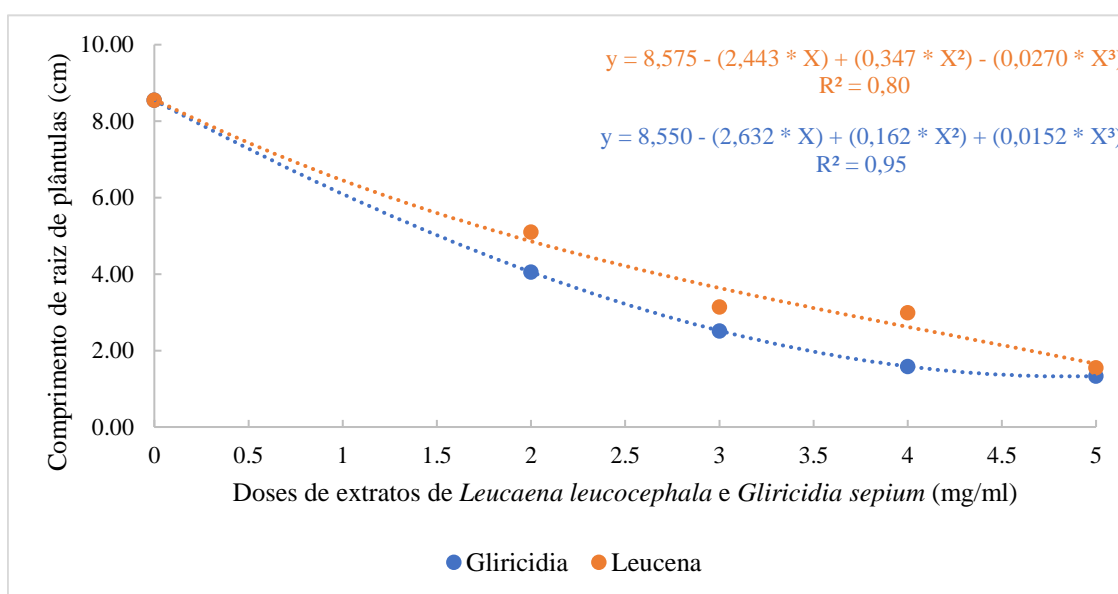


**Figura 3:** Efeito de extrato proveniente de raiz de *Gliricidia sepium*, em diferentes concentrações, no índice de velocidade de germinação de *Euphorbia heterophylla*.

A relação entre a concentração do extrato de raiz de *Gliricidia sepium* e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi modelada por meio de uma equação polinomial com coeficiente de determinação 0,54, indicando que 54% da variação no IVG pode ser explicada pela variação nas doses do extrato. Observa-se uma tendência inicial de redução do IVG com o aumento da dose até aproximadamente 1,0 mg/mL, seguida de uma leve recuperação nos valores nas doses mais elevadas. Esse comportamento sugere que o extrato de *G. sepium* possui compostos bioativos com efeito inibitório sobre a velocidade de germinação, sendo mais pronunciado em concentrações intermediárias.

Esse padrão corrobora os resultados de estudos anteriores realizados por Gassama e Kanneh (2025), que observaram que concentrações mais baixas do extrato de *G. sepium* (<10%) estimularam a germinação e o crescimento de plântulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), enquanto concentrações mais altas (>15%) tiveram efeitos inibitórios significativos sobre esses parâmetros. Além disso, Nelum et al. (2023) relataram que extratos de *G. sepium* exibiram fitotoxicidade contra sementes de alface (*Lactuca sativa*), indicando o seu potencial alelopático.

Modelos de regressão foram empregados para descrever a resposta do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em função das doses de extratos foliares de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*. Para o extrato de leucena, o modelo ajustado foi com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,44 e p-valor de 0,058. Embora o modelo não tenha atingido significância estatística ao nível de 5%, observa-se uma tendência de efeito das doses sobre o IVG ( $p < 0,10$ ), sugerindo possível interferência alelopática. No caso do extrato de gliricídia, o modelo estimado foi apresentado  $R^2$  de 0,27 e p-valor de 0,182, indicando baixa capacidade explicativa do modelo e ausência de efeito significativo das doses sobre a variável avaliada. Dessa forma, os resultados apontam que o extrato de leucena tem maior potencial de interferência na velocidade de germinação das sementes em comparação ao extrato de *gliricídia*.



**Figura 4:** Efeito de extratos provenientes de folhas de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*, em diferentes concentrações, no comprimento de raiz de plântulas de *Euphorbia heterophylla*.

A resposta das plântulas de *E. heterophylla* à aplicação de diferentes concentrações (0 a 5 mg/ml) dos extratos de folhas *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* (Figura 3), de maneira geral, revelou uma clara tendência de redução do comprimento das raízes à medida que se elevam as doses dos extratos, evidenciando um comportamento fitotóxico dose-dependente.

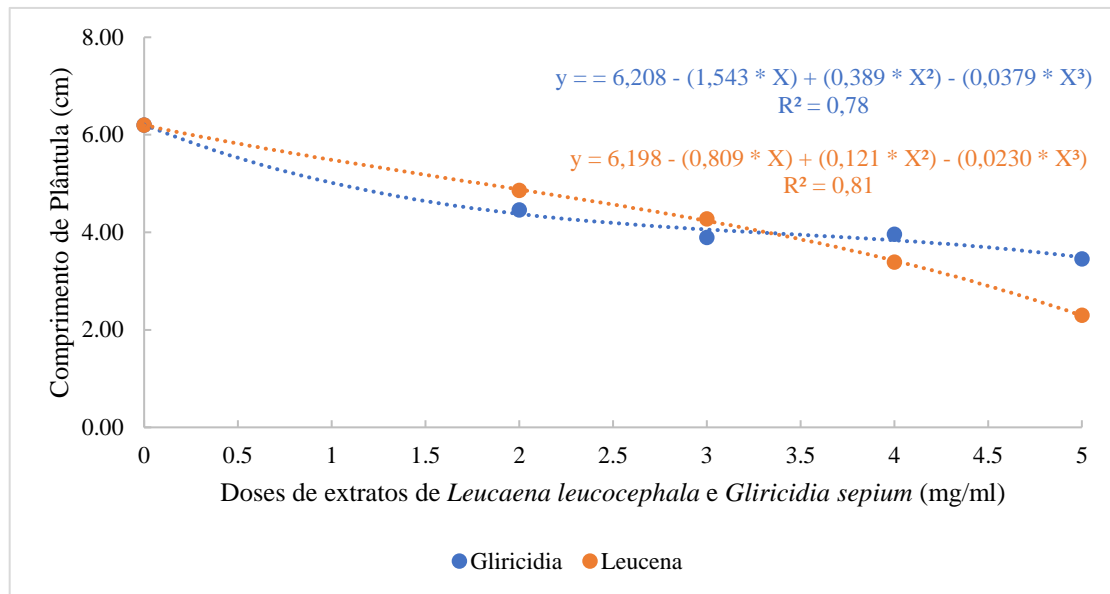
Ao se analisar as curvas de regressão, percebe-se que o extrato de folhas de *Gliricidia sepium* apresenta uma ação mais pronunciada sobre a inibição do crescimento radicular, sobretudo nas doses acima de 2 mg/ml, quando a curva se acentua de forma

mais agressiva. O modelo de regressão para *Gliricídia* apresenta um coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,95$ ), indicando forte correlação entre o aumento da dose e a redução do crescimento da raiz. Esse padrão sugere que a *Gliricídia* possui compostos bioativos com maior potencial alelopático, promovendo impactos mais severos na morfologia radicular, possivelmente por mecanismos como a inibição da mitose nas células meristemáticas, a desorganização das estruturas celulares ou a alteração no metabolismo de reguladores de crescimento.

Em contraste, o extrato de folhas de *Leucaena leucocephala*, apesar de também reduzir o crescimento radicular, o faz de maneira menos intensa, com um ajuste moderado ao modelo ( $R^2 = 0,80$ ). A curva associada a esse extrato mantém um declínio mais gradual, sugerindo que seus compostos alelopáticos possuem ação menos agressiva ou que sua absorção/assimilação pelas plântulas ocorre de forma mais lenta. Isso está em conformidade com Othman *et al.* (2022), que relataram efeitos inibitórios moderados da *Leucena* sobre culturas, como arroz e alface, atribuídos principalmente à presença de mimosina e compostos fenólicos, os quais, embora alelopáticos, apresentam menor atividade comparativa frente a outras leguminosas.

Adicionalmente, o comportamento diferencial entre os extratos pode também estar relacionado à variabilidade na composição química dos mesmos, conforme descrito por Kaboneka *et al.* (2020), que identificaram em *Gliricidia sepium* uma maior diversidade de compostos com potencial alelopático, como flavonoides, taninos e cumarinas. Tais substâncias interferem diretamente nos processos fisiológicos das plântulas, incluindo absorção de nutrientes, respiração celular e alongamento celular.

Estes resultados estão ligados à divisão e alongamento celular, que podem ser influenciados pelas concentrações de compostos fenólicos e flavonoides (Sharma *et al.*, 2019), nas maiores doses se tem maiores teores de flavonoide e fenólicos, acarretando na diminuição do comprimento de raiz das plântulas.

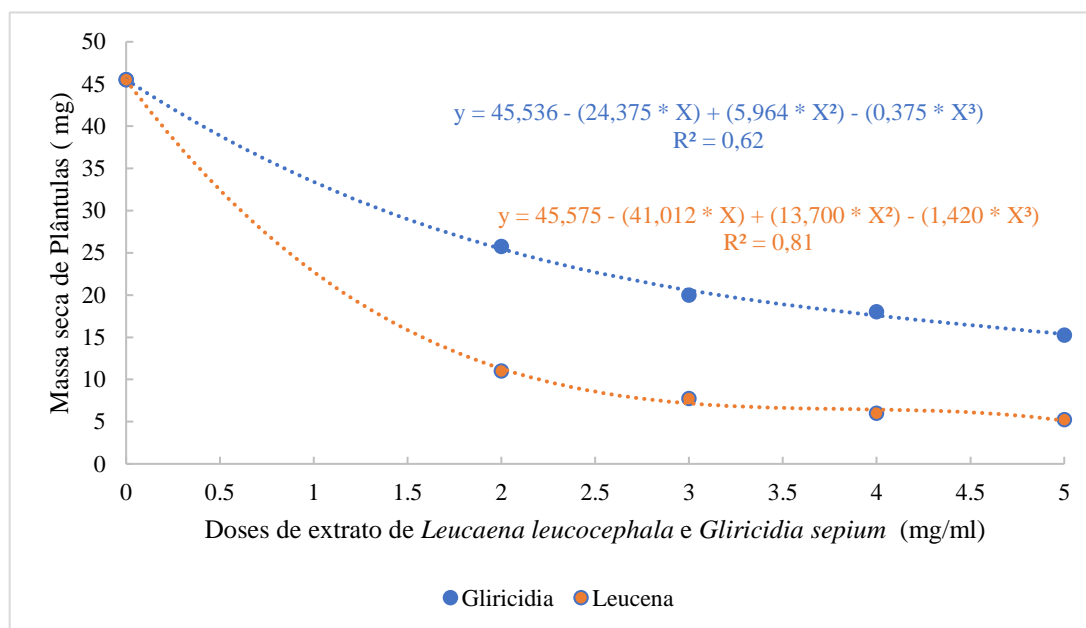


**Figura 5:** Comprimento de plântulas de *Euphorbia heterophylla* tratadas com extratos provenientes de folhas de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium* em diferentes concentrações.

A figura 5 evidencia uma tendência decrescente no comprimento médio das plântulas à medida que se elevam as doses dos extratos de folhas de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala*, sugerindo um efeito fitotóxico progressivo dessas substâncias sobre o desenvolvimento inicial das plântulas. Os resultados demonstram que, com o aumento da concentração de ambos os extratos, há uma redução significativa no crescimento, o que pode estar relacionado à presença de compostos aleloquímicos que interferem na divisão celular, na síntese de proteínas e na atividade enzimática das raízes. Estudos recentes reforçam essa observação. De acordo com Othman et al. (2022), extratos de *Leucaena leucocephala* contêm compostos como a mimosina e fenóis, que demonstraram potencial alelopático ao inibir o crescimento de plântulas de *Lactuca sativa* e *Oryza sativa*.

De mesmo modo, Kaboneka et al. (2020) observaram que extratos foliares de *Gliricidia sepium* causaram redução no crescimento de plântulas de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), afetando parâmetros como comprimento radicular e índice de vigor, o que corrobora os resultados apresentados na figura X. As equações de regressão cúbica, ajustadas aos dados obtidos ( $R^2 = 0,78$  para *Gliricidia* e  $R^2 = 0,81$  para Leucena), indicam um bom ajuste dos modelos matemáticos, conferindo robustez à análise. Boaprem (2019) obteve resultados que corroboram o presente trabalho no qual o

aumento na concentração de extratos provenientes de folhas de leucena está associado à redução do comprimento de plântulas e raiz.



**Figura 6:** Massa seca de plântulas de *Euphorbia heterophylla* tratadas com extratos provenientes de folhas de *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium* em diferentes concentrações.

A Figura 6 demonstra o efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos foliares de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* sobre a massa seca de plântulas. Observa-se uma tendência decrescente da massa seca com o aumento das doses dos extratos para ambas as espécies, indicando potencial de atividade alelopática. No entanto, para *Gliricidia*, o efeito inibitório foi menos acentuado em relação à *Leucaena*. Esses resultados evidenciam que ambos os extratos possuem compostos alelopáticos capazes de interferir negativamente no desenvolvimento das plântulas, sendo a *Leucaena* aparentemente mais fitotóxica. Essa inibição pode estar relacionada à presença de metabólitos secundários, como compostos fenólicos, flavonoides e taninos, amplamente descritos na literatura por sua ação alelopática sobre a germinação e o crescimento inicial de diversas espécies (Nelum *et al.*, 2023, Ranawana *et al.*, 2023).

O extrato oriundo de folhas *Leucaena* reduziu significativamente a massa seca das plântulas de *Euphorbia heterophylla*, reduzindo em 39% o acúmulo de biomassa, em comparação, quando se utilizou o extrato proveniente de folhas *Gliricidia* (Figura x). Esse fator pode estar ligado às altas concentrações de flavonoides e fenólicos, observados no extrato de folhas de leucena no presente trabalho (Tabela 2).

A maior quantidade de biomassa foi observada na dose zero, e as demais doses não diferiram entre si na quantidade de biomassa acumulada. Contudo, foi observado que, nas demais doses estudadas, reduziram em mais de 60% a biomassa, em comparação com a dose 0 (Figura 5), expressando, assim, a capacidade que o extrato apresenta em interferir no desenvolvimento das plântulas.

Kato-Noguchi (2019), em seu estudo de revisão, destaca que substâncias fenólicas e os flavonoides presentes nos extratos provenientes de folhas *Leucaena* podem inibir o crescimento e desenvolvimento de outras espécies, devido à ação desses compostos como inibidores da divisão celular, ocasionando distúrbios no metabolismo das plântulas.

#### **4.4 CONCLUSÕES**

As espécies *L. leucocephala* e *G. sepium* possuem substâncias bioativas que afetam significativamente a germinação e o crescimento inicial de *E. heterophylla*, com potencial alelopático que varia de acordo com a fonte do extrato. Extratos foliares e radiculares de leucena foram mais eficientes na inibição do desenvolvimento de *E. heterophylla*.

#### 4.5. REFERÊNCIAS

Alvim S, Böhm F, Pastorini, L (2023) Allelopathic potential of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit leaf extracts on native species. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*. (83) e272274. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.272274>.

Barbosa JDA, Ferreira SD, Salvalaggio AC, Costa NVD, Echer MDM (2018) Allelopathy of aqueous *Pachyrhizus erosus* L. extracts on *Euphorbia heterophylla* and *Bidens pilosa*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. (48)59–65.

Boaprem, P. **Songklanakarín J. Sci. Technol**, v. 41, n. 3, p. 619–623, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS.

Carvalho DB, Carvalho RIN (2009) Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz. *Acta Scientiarum. Agronomy*. (31)(3), 489–494.

Cechin J, Poncheki M, Pereira A.B, Victor Domingues R (2023) Do Aqueous Extracts from Buckwheat Compromise Seed Germination and Initial Development of *Bidens pilosa* and *Euphorbia heterophylla*? *Agricultural Sciences*, 14(06), 804–818. doi:<https://doi.org/10.4236/as.2023.146054>.

Chou CH, Kuo YL (1986) Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Journal of Chemical Ecology*. (12)(6), 1431–1448, 1986. <https://doi.org/10.1007/BF01012362>.

Da Silva EP, de Queiroz Herminio V L, Motta DN, Soares MBP, Rodrigues LDAP, Viana JD, Boas EVDBV (2022) The role of phenolic compounds in metabolism and their antioxidant potential. *Research, Society and Development*. (11)(10), e297111031750.

De Mattos Ribeiro V, Valmorbida R, Hartmann K, Porto E, Almeida J, Corsato J, Fortes, A (2019) Efeito alelopático de *Leucaena leucocephala* e *Hovenia dulcis* sobre germinação de *Mimosa bimucronata* e *Peltophorum dubium*. *Iheringia, Série Botânica*. <https://doi.org/10.21826/2446-82312019V74E2019006>.

Erbm K D (2020) Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy1 [OPEN]. *Plant Physiology*. (184), 39-52. <https://doi.org/10.31219/osf.io/6ba7r>

Ferreya MLF, Serra P, Casati P (2021) Recent advances on the roles of flavonoids as plant protective molecules after UV and high light exposure. *Physiologia plantarum*, 173(3), 736-749. <https://doi.org/10.1111/ppl.13543>

Gassama, U. M., & Kanneh, I. A. (2025) Influence of Gliricidia Extract on Cowpea Seed Germination and Seedling Growth Performance under Greenhouse Conditions. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 11, n.1, p. 410–416.

Ghasemzadeh A, Jaafar HZ, Rahmat A (2010) Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*. (15)(6), 4324-33. doi: 10.3390/molecules15064324.

Harborne JB, Boulter D, Turner B L. (1971). *Chemotaxonomy of the Leguminosae* London: Academic Press Inc, 612p.

Ishak MS, Ismail B S, Yusoff N (2016) Allelopathic potential of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit on the germination and seedling growth of *Ageratum conyzoides* L., *Tridax procumbens* L. and *Emilia sonchifolia* (L.) DC. *Allelopathy Journal*. (37)(1), 109–122.

Kaboneka S, Nsavyimana G, Nkurunziza M, Ntezukwigira G (2020) Allelopathic effects of *Calliandra calothyrsus* Meisn, *Senna siamea* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp Leaves on Maize (*Zea mays* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Root and Shoot Growth. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*. (6)(2). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/339620406>

Kato-Noguchi H, Kurniadie D (2022) Allelopathy and Allelochemicals of *Leucaena leucocephala* as an Invasive Plant Species. *Plants*. (11)(13), 1672.

Khamare Y, Chen J, Marble S (2022) Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*. (13), 1034649. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1034649>

Kong CH, Xuan TD, Khanh TD, Tran HD, Trung NT (2019) Allelochemicals and signaling chemicals in plants. *Molecules* 24 (15), 2737. <https://doi.org/10.3390/molecules24152737>

Kumar A, Bhasker K, Nikhil B, Srinivas P (2023) Role of Phenylpropanoids and Flavonoids in Plant Defense Mechanism. *International Journal of Environment and Climate Change*. (13)(9), 2951-60. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i92534>.

Liu J, Du C, Beaman H, Monroe MBB (2020) Characterization of Phenolic Acid Antimicrobial and Antioxidant Structure–Property Relationships. *Pharmaceutics*. (12)(5), 419. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12050419>.

Lorenzi, Harri L (2014) Manual de Identificação de Plantas daninhas. 7ª Edição. Nova Odessa-SP: Plantarum. 135p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

Moreira, BO, Barbosa Filho, MRD, de Carvalho AL, da Silva DG, Cruz, MP, Yatsuda R, David JM (2020) Application of response surface methodology for optimization of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from *Cenostigma macrophyllum*. *Journal of Chemometrics*. (34)(100), e3290. <https://doi.org/10.1002/cem.3290>

Nelum, K. G., Piyasena, P., Liyanage, M. G. S., Weerakoon, N. C., & De Silva, M. S. D. L. (2023). Allelopathic potential of green manure, cover crops, mulching plants, and weeds found in tea plantations. *African Journal of Agricultural Research*, 19(10), 962–968.

NEVES, A.M., Morais, S.M. de, Santos, H.S. dos, Ferreira, M.M., Cruz, R.C.V., Souza, E.B. de, Andrade, L.B. da S. and Fontenelle, R.O. dos S. (2022). Prospecção química, atividade antioxidante, anticolinesterásica e antifúngica de extratos etanólicos de espécies de *Senna* Mill. (Fabaceae). *Hoehnea*, [online] 49. doi:<https://doi.org/10.1590/2236-8906-111/2020>.

Novais RF, Neves JCL, Barros NF (1991) Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira AJ, Garrido WE, Araújo, JD, Lourenço S Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, Embrapa-SEA. 189-254.

Novakoski ADS, Coelho ÉMP, Ravagnani GT, Costa ACPRD, Rocha SA, Zucareli V, Lopes AD (2020) Allelopathic Potential of Plant Aqueous Mixtures on *Euphorbia heterophylla*. **Agriculture**. (10)(10), 449–449.

<https://doi.org/10.3390/agriculture10100449>

Othman, N. A., et al. *Allelopathic Effects of Leucaena leucocephala on Seed Germination and Seedling Growth: A Review*. *Plants*. (11)(13) 2022. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9269122/>.

Palma-Bautista C, Rojano-Delgado AM, Vázquez-García JG, Yanniccari M, Prado R D (2020). Resistance to Fomesafen, Imazamox and Glyphosate in *Euphorbia heterophylla* from Brazil. *Agronomy*. (10)(10), 1573.

Phuyal N, Jha PK, Raturi PP, SRajbhandary, S (2020) "Total Phenolic, Flavonoid Contents, and Antioxidant Activities of Fruit, Seed, and Bark Extracts of *Zanthoxylum armatum* DC", *The Scientific World Journal*. (1), 8780704.

<https://doi.org/10.1155/2020/8780704>

Pereira, LM et al. (2022) *Efeitos alelopáticos da Gliricidia sepium no controle de espécies invasoras*. *Revista Brasileira de Agroecologia*. (17)(2), 134-142.

Ranawana SRWMCJK, Pathinayake PW, Kaliyadasa PE, Prematilake KG (2024).

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF SELECTED SHADE TREE SPECIES TO CONTROL WEEDS IN TEA PLANTATIONS. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 17(2), 165-180.

Ribeiro VM, Valmorbidia R, Hartmann KCD, Porto EC, Almeida J, Corsato JM, Fortes AMT (2019). Efeito alelopático de *Leucaena leucocephala* e *Hovenia dulcis* sobre germinação de *Mimosa bimucronata* e *Peltophorum dubium*. *Iheringia, Série Botânica*. (74), e2019006,

Romero N, Areche C, Cubides-Cárdenas J, Escobar N, García-Beltrán O, Simirgiotis MJ, Céspedes Á (2020) In Vitro Anthelmintic Evaluation of *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, and *Pithecellobium dulce*: Fingerprint Analysis of Extracts by UHPLC-Orbitrap Mass Spectrometry. *Molecules*. (25)(13), 3002.

Sharma A, Shahzad B, Rehman A, Bhardwaj R, Landi M, Zheng B (2019) Response of Phenylpropanoid Pathway and the Role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress. *Molecules*, 24. <https://doi.org/10.3390/molecules24132452>.

Sharm A, Raj K, Giri G (2022) “Quantification of Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Activity, and Proximate Composition of Some Legume Seeds Grown in Nepal”. Edited by Ivan Salmerón. *International Journal of Food Science*. 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/4629290>.

Silva EP da, Herminio VL de Q, Motta DN, Soares MBP, Rodrigues L de AP, Viana JD, Freitas FA de, Silva APG da, Souza F das C do A, Vilas Boas EV de B (2022) The role of phenolic compounds in metabolism and their antioxidant potential. *Research, Society and Development*, [online] 11(10), e297111031750. doi:<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.31750>.

Da Silva JG, Magarelli G, Pedroza TM, Cavalcante RS, de R Silva, Carrão-Panizzi MC, Castro CS (2021) Determination of total isoflavones and rutin in seeds, roots, and leaves of Brazilian soybean cultivars by using voltammetric methods. *Journal of Agriculture and Food Research* (3), 100113–100113. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100113>.

Turatbekova A, Mirzarakhmetova D, Jumaniyozov J, Khudayberganov E, Toshpulatov N, Rakhmatov A, Muzafarov S (2023) A brief overview on the methods for extraction and identification of flavonoids. In *E3S Web of Conferences*. (434), 03037). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343403037>.