Câmpus Sul
UnU - Ipameri

Universidade Estadual de Goiás

ESTADO DE GOIÁS

PPGPV

Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

SORGHUM BICOLOR COMO FONTE DE COMPOSTOS ALELOPÁTICOS PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE *BIDENS PILOSA*

NATÁLIA OLIVEIRA SILVA

MESTRADO

Ipameri-GO

2026

NATÁLIA OLIVEIRA SILVA

SORGHUM BICOLOR COMO FONTE DE COMPOSTOS ALELOPÁTICOS PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE *BIDENS PILOSA*

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos Matos
Co-Orientadora: Dra. Flívia Fernandes de Jesus Souza

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2026

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586s Silva, Natália Oliveira
SORGHUM BICOLOR COMO FONTE DE COMPOSTOS ALELOPÁTICOS PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE BIDENS PILOSA / Natália Oliveira Silva; orientador Fábio Santos Matos ; co-orientador Flívia Fernandes de Jesus Souza . -- Ipameri-GO, 2026.
29 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2026.

1. Aleloquímicos . 2. Germinação. 3. Sustentabilidade . I. Matos , Fábio Santos , orient. II. Souza , Flívia Fernandes de Jesus , co-orient. III. Título.

Câmpus Sul
UnU - Ipameri

Universidade Estadual de Goiás

ESTADO DE GOIÁS

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "*Sorghum bicolor* como fonte de compostos alelopáticos para o manejo sustentável de *Bidens pilosa*".

AUTOR(A): Natália Oliveira Silva
ORIENTADOR(A): Fábio Santos Matos

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
FABIO SANTOS MATOS
Data: 04/09/2026 11:26:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fábio Santos Matos (Orientador)

Universidade Estadual de Goiás/ Unidade Universitária Ipameri- GO

Prof. Dr. Victor Alves Amorim

Instituto Federal Goiano/ Campus Urutaí- GO

gov.br Documento assinado digitalmente
VICTOR ALVES AMORIM
Data: 03/09/2026 16:37:10-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Flívia Fernandes de Jesus Souza
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

gov.br Documento assinado digitalmente
FLIVIA FERNANDES DE JESUS SOUZA
Data: 04/09/2026 08:30:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Data da realização: 27 de agosto de 2026

Registro de Declaração

Número: 340 Livro: R-01 Folhas: 06 Data: 27/08/2026 Assinatura:

Unidade Universitária Ipameri
(64) 34304661
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal
Rodovia Go 330 Km 241 Anel Viário S/N, Setor Universitário
www.ppgpv.ueg.br e-mail: ppgpv.ipameri@ueg.br
Cep: 75780-000, Ipameri - GO

PPGPV

“Elevo meus olhos para os montes: de onde me virá o socorro?

O meu socorro vem do senhor, que fez o céu e a terra."

Salmos 121

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar em tudo, sendo meu Deus, o meu refúgio, a minha fortaleza, nele coloquei toda a minha confiança.

Ao meu marido Apollo Lemos que foi meu ajudador em tudo, deixando tudo mais leve e com grande carinho e amor.

À Universidade Estadual de Goiás, e ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade e aprendizado que foram fundamentais na conquista de meus objetivos.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador Dr. Fábio Santos Matos, pela competência, eficiência, sabedoria e comprometimento. Grata pela paciência, orientação, ensinamentos e dedicação a esta dissertação e outros projetos que executamos, contribuindo para minha formação profissional.

À minha co-orientadora Flívia Fernandes de Jesus Souza, por todo carinho, atenção, paciência e persistência.

Aos meus pais e familiares que sempre torceram por mim nessa jornada.

A todos aqueles que acreditaram em mim e que direta ou indiretamente, contribuíram para esta imensa felicidade em finalizar mais um ciclo.

A todos vocês, meu muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

Página

RESUMO vi

ABSTRACT vii

1. INTRODUÇÃO 8

2. OBJETIVOS 11

3. MATERIAL E MÉTODOS 12

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 15

5. CONCLUSÕES 24

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 25

RESUMO

O picão-preto (*Bidens pilosa*) está entre as principais plantas invasoras de sistemas agrícolas tropicais, apresentando elevada capacidade competitiva e crescente ocorrência de biótipos resistentes a herbicidas. Nesse contexto, o uso de compostos alelopáticos de origem vegetal surge como alternativa sustentável para o manejo dessas espécies. O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial alelopático do extrato de sorgo (*Sorghum bicolor*) sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de *Bidens pilosa*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis concentrações do extrato de sorgo (0, 10, 20, 40, 80 e 100%) e cinco repetições. Foram avaliadas a germinação (G), o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG), o comprimento do hipocótilo (CH), o comprimento da radícula (CR), a massa fresca (MF) e a massa seca (MS) das plântulas. As concentrações do extrato influenciaram significativamente a germinação, o vigor e o crescimento inicial das plântulas. O extrato de sorgo promoveu respostas dependentes da concentração. As menores concentrações estimularam algumas características relacionadas a germinação e o crecimento inicial, enquanto as maiores concentrações reduziram a germinação, o vigor e o acúmulo de biomassa. O comprimento da radícula apresentou alevada sensibilidade ao extrato, com redução progressiva em função do aumento das concentrações. A concentração inibitória de 50% (IC_{50}) para o crescimento radicular foi estimada em 34,67% do extrato. Os resultados demonstram que o extrato de sorgo apresenta potencial alelopático e bioherbicida sobre *Bidens pilosa*, podendo constituir uma ferramenta complementar para o manejo sustentável.

Palavras chave: Aleloquímicos; Germinação; Manejo sustentável; Planta daninha; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Blackjack (*Bidens pilosa*) is among the main invasive weeds in tropical agricultural systems, exhibiting high competitive ability and an increasing occurrence of herbicide-resistant biotypes. In this context, the use of allelopathic compounds of plant origin emerges as a sustainable alternative for weed management. The present study aimed to evaluate the allelopathic potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) extract on the germination and early development of *Bidens pilosa* seedlings. The experiment was conducted in a completely randomized design, with six concentrations of sorghum extract (0, 10, 20, 40, 80, and 100%) and five replications. Germination (G), germination speed index (GSI), mean germination time (MGT), hypocotyl length (HL), radicle length (RL), fresh mass (FM), and dry mass (DM) of the seedlings were evaluated. The extract concentrations significantly affected germination, seedling vigor, and early growth. The sorghum extract promoted concentration-dependent responses. Lower concentrations stimulated some characteristics related to germination and early growth, whereas higher concentrations reduced germination, vigor, and biomass accumulation. Radicle length showed high sensitivity to the extract, with a progressive reduction as extract concentration increased. The 50% inhibitory concentration (IC_{50}) for radicle growth was estimated at 34.67% extract. The results demonstrate that sorghum extract has allelopathic and bioherbicidal potential against *Bidens pilosa*, and may constitute a complementary tool for sustainable weed management.

Key-words: Allelochemicals; Germination; Sustainable management; Weed; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas representam um dos principais desafios à produtividade agrícola (ARASAN *et al*., 2025). Os métodos tradicionais de controle, como o uso de herbicidas químicos e a capina mecânica, têm sido amplamente utilizados, porém apresentam limitações significativas relacionadas à conservação ambiental, ao desenvolvimento de espécies resistentes e aos custos operacionais que podem variar de acordo com o sistema de produção, a diversidade de plantas daninhas infestantes e o tipo de cultura (BATAGLINI *et al.,* 2026). Em hortaliças, como a cenoura, a presença de plantas invasoras durante o ciclo da cultura pode reduzir a produtividade em cerca de 96% (EMBRAPA, 2022).

Sendo o controle dessas plantas invasoras dificultado ao longo do tempo por adaptações morfofisiológicas que favorecem a permanência nos campos de cultivo (CURDY *et al*., 2023). Entre essas adaptações, destacam-se a elevada produção de sementes e a ocorrência de mecanismos de dormência, que contribuem para a formação e manutenção de bancos de sementes no solo (REDIN; GLIER; SIEDEL, 2025). Além disso, essas características favorecem a sobrevivência das plantas invasoras em condições ambientais adversas e aumentam a capacidade de competição com as culturas agrícolas. Dessa forma, as plantas daninhas podem estabelecer e se desenvolver mesmo em condições desfavoráveis, competindo por recursos essenciais, como água, luz e nutrientes, e consequentemente interferindo no crescimento e na produtividade das culturas comerciais (MATOS et al., 2024; RAFAIN et al., 2020; SANTOS et al., 2025).

O picão-preto (*Bidens pilosa*) é uma das principais plantas daninhas em ambientes agrícolas tropicais e subtropicais, nativa da América do Sul e amplamente distribuída (ETUKUDO et al., 2025). Essa planta é considerada daninha ao reduzir a produtividade agrícola pois compete por recursos com as culturas comerciais (HE et al., 2025). O controle de *Bidens pilosa* tem enfrentado desafios ao longo dos anos pelo surgimento de biótipos resistentes a herbicidas inibidores da ALS (acetolactato sintase) e da EPSPS (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase) (MARTINHO et al., 2024). O desenvolvimento da resistência tem reduzido a eficácia do controle químico e criado um problema de graves consequências para a produção vegetal, pois a ausência de registro de produtos com novos mecanismos de ação dificulta o controle químico de *Bidens pilosa*. Uma das alternativas sustentáveis no manejo integrado de plantas daninhas é a prática de rotação de culturas, coberturas vegetais e o controle biológico com uso de substâncias alelopáticas (GRÜN et al., 2024).

As plantas apresentam inúmeros compostos químicos com potencial alelopático denominados aleloquímicos, incluindo terpenoides, alcaloides, glucosinolatos, fenóis e ácidos hidroxâmicos. Esses compostos apresentam diversidade química e podem exercer diferentes efeitos biológicos, incluindo atividade contra patógenos e potencial bioherbicida (MATOS et al., 2021). Além disso, por serem biodegradáveis, representam uma alternativa aos herbicidas sintéticos (VALIÑO et al., 2023). Os aleloquímicos podem ser liberados no ambiente por processos como lixiviação (SCAVO et al., 2018), exsudação radicular e decomposição (LIMA et al., 2022; RAFAIN et al., 2020).

Entre as plantas que apresentam a produção de aleloquímicos, o sorgo (*Sorghum bicolor*) destaca-se pelo potencial de produção de metabólitos secundários com efeito fitotóxico sobre diversas plantas daninhas (ZHANOU et al., 2025). Esses compostos aleloquímicos podem controlar as plantas daninhas como *Bidens pilosa* ao inibir a fotossíntese e induzir lesões foliares (PAN et al., 2021), são diversos os modos de ação dos bioherbicidas, como redução do crescimento das raizes e percentual de germinação, interferência no fotosistema II e transporte de elétrons e ação primária na produção de ATP, ocorrendo inibição na liberação do oxigênio dos cloroplastos, alteração da absorção de nutrientes e produção de clorofilas levando a morte da planta (HUSSAIN et al., 2021).

A diversidade química dos compostos bioativos presentes no sorgo possui potencial para utilização como fonte de substâncias com atividade bioherbicida no controle de plantas daninhas (MELO et al., 2025). Entre os compostos destacam-se os ácidos benzóico, p-hidroxibenzóico, vanílico, ferúlico, clorogênico, m-cumárico, p-cumárico, gálico, cafeico, m-hidroxibenzóico, protocatecuico, p-hidroxibenzaldeído e dhurrin (HUSSAIN et al., 2021). A presença desses metabólitos demonstra a complexidade química do sorgo. Segundo Kakar et al. (2023), o sorgo granífero da cultivar K1151 apresentou concentrações significativas de compostos fenólicos, equivalentes a 22,93 mg de ácido gálico por grama de peso seco. Os flavonoides totais corresponderam a 14,77 mg de rutina por grama de peso seco, representando 64,4% do total de fenólicos. Entre os compostos fenólicos individuais o ácido p-cumárico apresentou a maior concentração (5,34 mg/g de peso seco), seguido pelo ácido p-hidroxibenzóico (1,45mg/g de peso seco) e pelo ácido siríngico (1,28 mg/g de peso seco).

Sendo os resíduos do sorgo uma alternativa sustentável para o manejo de plantas daninhas, contribuindo para a redução da dependência de herbicidas sintéticos (BESANÇON et al., 2020). O extrato de sorgo pode ser empregado no controle bioracional de plantas daninhas (MATOS et al., 2021), esse controle é uma estratégia que envolve a

utilização de compostos naturais provenientes de plantas ou microrganismos. Além disso, por serem biodegradável, esses compostos tendem a ser menos impactante ao ambiente (ARROYO et al., 2018), podem ser empregados no manejo integrado de plantas daninhas com a rotação dos mecanismos de ação dos herbicidas, contribuindo para o manejo da resistência das plantas invasoras e constituindo uma alternativa sustentável ao controle químico (SUSILO; PUJIWATI; RITA, 2025).

No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos do extrato de sorgo na germinação de *Bidens pilosa* (MELO et al., 2025). Embora diversos estudos tenham demonstrado o potencial alelopático de extratos de sorgo sobre a germinação e o crescimento inicial de plantas (SHAHMOHAMMADI et al., 2026), muitas pesquisas sobre alelopatia são conduzidas utilizando plantas bioindicadoras, como a alface, devido à elevada sensibilidade dessas espécies aos aleloquímicos, o que permite detectar alterações na germinação e no crescimento mesmo quando os compostos estão presentes em baixas concentrações, tornando-as adequadas para a identificação inicial do potencial alelopático (GOMES et al., 2018). Entretanto, a utilização de plantas bioindicadoras apresenta limitações quando se busca avaliar o potencial de um extrato para o manejo de uma planta daninha, pois diferentes espécies podem apresentar respostas distintas aos mesmos compostos aleloquímicos. Dessa forma, os efeitos observados em uma espécie bioindicadora, como a alface, pode não corresponder aos mesmos efeitos nas plantas daninhas, uma vez que a sensibilidade aos aleloquimicos pode variar entre as plantas (Kumar et al., 2024). Além disso, *Bidens pilosa* apresenta relevância devido à capacidade de competição com as culturas e à dificuldade de controle associada à ocorrência de biótipos resistentes a herbicidas. Dessa forma, a avaliação direta da planta-alvo permite verificar sua resposta ao extrato de sorgo, gerando dados mais representativos para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável, aproximando os resultados das condições encontradas em campo (MEIRA et al. 2025). Assim, a avaliação do efeito do extrato de sorgo sobre *Bidens pilosa* pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre a atividade alelopática do sorgo e fornecer informações para o desenvolvimento de alternativas complementares de manejo sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente estudo teve como objetivo identificar o potencial alelopático do extrato de sorgo (*Sorghum bicolor)* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de picão-preto (*Bidens pilosa*).

2.2 Específicos

- Avaliar e identificar os efeitos do extrato de sorgo na germinação e crescimento inicial de sementes de *Bidens pilosa*.
- Identificar a concentração letal de extrato de sorgo para a germinação e/ou crescimento inicial de *Bidens pilosa*
- Identificar o potencial bioherbicida do extrato de sorgo e sua eficiência na inibição do desenvolvimento de *Bidens pilosa*.
- Adequar a metodologia para utilização do extrato de sorgo em meio aquoso no desenvolvimento de *Bidens pilosa* após obtenção por extração alcoólica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O trabalho foi conduzido nos Laboratórios de Fisiologia Vegetal e Multidisciplinar da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sul, Unidade Universitária de Ipameri, na cidade de Ipameri, Goiás (Lat. 17° 43' 00" S, Long. 48° 08' 40" W, Alt. 795,26m). Esta região apresenta clima Aw de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como clima tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média de 20°C (ALVARES et al., 2013).

3.2 Obtenção das sementes de *Bidens pilosa*

As sementes *de Bidens pilosa* utilizadas no experimento foram provenientes de populações nativas da região de Ipameri-Goiás. A coleta foi realizada manualmente em plantas maduras, cujas sementes apresentavam alta viabilidade, em testes preliminares de germinação e pureza de aproximadamente 95%. Após a coleta, as sementes foram armazenadas por dois dias, em local seco e arejado, em temperatura ambiente e posteriormente usadas no experimento.

3.3 Obtenção do extrato de sorgo

A extração alcoólica apresenta maior eficiência na extração dos aleloquímicos , porém o álcool pode inibir a germinação das sementes. Para evitar esse efeito, o álcool foi completamente evaporado após a extração, e o volume do extrato foi reconstituído com água destilada. Dessa forma, foi possível obter um extrato com maior concentração de aleloquímicos em comparação ao extrato aquoso, aumentando o potencial de avaliação dos efeitos alelopáticos sobre a germinação de *Bidens pilosa*.

O extrato de sorgo foi obtido a partir de plantas de sorgo granífero da cultivar (DOW 1G100) com 30 dias de idade, cultivadas em condições de campo (MATOS et al., 2021). As folhas foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar, permanecendo por 72 horas a 70° C conforme metodologia adaptada proposta por Hien et al. (2016). Após a secagem, o material foi triturado em moinho tipo martelo e misturado em álcool 80%, sendo como referência a concentração de sorgo de 6%, seguindo a proporção de seis gramas de sorgo para 100 mL de álcool.

A solução foi mantida por 72 horas a 40°C em banho-maria, conforme adaptação da metodologia descrita por Hien et al. (2016), para favorecer a extração dos compostos aleloquímicos presentes no material vegetal. Posteriormente, o extrato foi filtrado e mantido novamente em banho-maria 45ºC por 96 horas, até a completa evaporação do álcool. Após a eliminação total do solvente, foi adicionada água destilada estéril ao resíduo obtido, reconstituindo-se o volume inicial do extrato. Essa adaptação metodológica permitiu utilizar a maior eficiência da extração alcoólica na recuperação dos aleloquímicos, evitando ao mesmo tempo, a interferência do álcool nos bioensaios de germinação. Assim, obteve-se um extrato aquoso reconstituído, contendo os compostos previamente extraídos pelo álcool, utilizado no preparo das concentrações avaliadas.

Os tratamentos corresponderam às diferentes concentrações de extrato de sorgo: 0%, 10%, 20%, 40%, 80% e 100%. Após a obtenção, os extratos foram diluídos nas concentrações citadas e utilizados para umedecer o papel germitest utilizado na germinação das sementes, na proporção de 2,5 vezes seu peso (PEGO et al., 2018).

O ensaio seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições de 50 sementes, para as avaliações de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. Para as avaliações de comprimento da radícula, comprimento do hipocótilo, massa fresca e massa seca, foram utilizadas 20 sementes por repetição.

3.4 Avaliações

Para a avaliação do potencial alelopático do extrato de sorgo sobre a germinação e o vigor de sementes e plântulas de *Bidens pilosa*, foram avaliadas a germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimentos do hipocótilo e radícula e massa fresca e seca de plântulas:

Germinação (G): foi realizada com cinco repetições de 50 sementes, distribuídas sobre duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada ou o respectivo extrato na proporção de 2,5 vezes o seu peso, acondicionadas em sacos plásticos transparentes. Após a semeadura, os sacos foram mantidos em B.O.D. (Biological Oxygen Demand), a 20 ºC, com fotoperíodo de 12 horas, sendo a contagem de plântulas normais realizada no sétimo dia, após o início do experimento (BRASIL, 2025).

Índice de velocidade de germinação (IVG): O IVG foi realizado em conjunto com o teste de germinação, com contagem diária, no mesmo horário. O critério de germinação adotado foi o surgimento da raiz primária com comprimento superior a 0,5 cm. O índice de

velocidade de germinação foi calculado pela fórmula de Maguire, (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \cdots + \frac{G_n}{N_n}$$

em que: IVG- índice de velocidade de germinação, G_1, G_2 e G_n- número de plântulas normais na primeira, segunda e última contagem N_1, N_2 e N_n - número de dias após a instalação do teste.

Tempo médio de germinação (TMG): calculado a partir das plântulas contabilizadas no IVG, de acordo com Krzyanowski et al. (2020):

$$TMG = \frac{\sum(n\ x\ t)}{\sum n}$$

Sendo n o número de plântulas emergidas no dia t, e Σ_n o total de plântulas emergidas no período.

Comprimento da radícula (CR) e do hipocótilo (CH): Estas variáveis foram avaliadas com cinco repetições de 20 sementes, semeadas no terço médio de papel germitest umedecido (2,5 vezes o seu peso) com água destilada (0%) ou com os respectivos extratos avaliados. As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, dispostas em ângulo de 75º, no interior de câmara B.O.D. a 20ºC, com fotoperíodo de 12 horas de luz. No sétimo dia após as sementes acondicionadas na papel germitest foi realizada a medição do comprimento das radículas e dos hipocótilos medidos com paquímetro digital, sendo os resultados expressos em mm. plântula^{-1} (KRZYZANOWSKI, 2020).

Massa fresca (MF) e massa seca (MS): após a medição do comprimento, as estruturas foram separadas e pesadas em balança analítica de precisão (0,0001 g), para obtenção da massa fresca. Para determinação da massa seca, as amostras foram acondicionadas em estufa de circulação de ar forçada, a 80 °C, por 24 horas. Os resultados foram expressos em g. plântula^{-1} (KRZYZANOWSKI, 2020).

Índice alelopático (inibição (%)-/estimulação (%)+: foi calculado para as variáveis que apresentaram efeito significativo em relação aos extratos testados, segundo a equação abaixo (CHUNG et al., 2001; OMEZZINE e HAOUALA, 2013):

$$IA\ (\%) = \left[\frac{Te - Tc}{Tc}\right] x\ 100$$

Onde :

IA: índice alelopático; Te: valor da variável apresentada no tratamento com extrato; Tc: valor

apresentada no tratamento controle. Um IA < 0 (valores negativos) reflete um efeito inibitório do extrato foliar de sorgo na variável testada, e um valor de IA > 0 (valores positivos) indica efeito estimulador na variável testada.

Para o TMG, devido á relação inversa entre essa variável e o vigor das sementes a diferença foi calculada com o sinal invertido, de modo que valores negativos representam aumento do tempo médio de germinação e consequentemente efeito inibitório no vigor.

Concentração inibitória 50% (IC_{50}): Para a variável comprimento da radícula, os dados foram normalizados em relação ao tratamento controle (C0%), expresso como porcentagem do crescimento relativo. Posteriormente, foi ajustado um modelo de regressão logística de quatro parâmetros (4PL), utilizando a concentração do extrato de sorgo como variável independente e o crescimento relativo da radícula como variável dependente. O IC_{50} foi definido como a concentração capaz de reduzir em 50% o crescimento radicular em relação ao controle, sendo estimado pelo ponto de inflexão da curva logística. O ajuste foi realizado por regressão não linear pelo método de Levenberg–Marquardt, conforme descrito por Belz et al. (2005).

$$y = C + \frac{D - C}{1 + e^{B(\ln x - \ln IC_{50})}}$$

Onde: y= resposta biológica (%); x= concentração do extrato (%); C= limite inferior da curva; D= limite superior (controle); B= inclinação (Hill slope); IC_{50}=concentração que reduz 50% da resposta.

3.5 Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão por meio do software SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2019). Foi realizada análise de variáveis canônicas utilizando o pacote candisc nos softwares R 4.0.1 (R CORE TEAM, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou efeito significativo das concentrações de extrato de sorgo sobre as variáveis germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento do hipocótilo (CH) e comprimento da radícula (CR), ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 1). Para o tempo médio de germinação (TMG), não foi observado efeito significativo entre as concentrações. Isso indica que, embora o extrato tenha interferido na porcentagem e velocidade de germinação, não alterou significativamente o tempo médio de germinação entre os tratamentos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis germinação(G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento da radícula (CR) submetidas a diferentes concentrações de extrato de sorgo.

Fontes de Variação	GL	G	IVG	TMG	CH	CR
Concentrações	5	129.57**	11.6**	0.075ns	208.37**	442.83**
Resíduo	24	6.50	0.54	0.032	4.95	3.13
Total	29					
CV (%)	-	5.8	5.86	4.88	11.82	12.95

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns= não significativo pelo teste F.

A Tabela 2 mostra o resumo da análise de variância com os efeitos das concentrações do extrato de sorgo sobre a massa fresca (MF), massa seca (MS), relação comprimento do hipocótilo/comprimento da radícula (CH/CR) e índice de velocidade de germinação/tempo médio de germinação (IVG/TMG), ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2). Os coeficientes de variação (CV) variaram de 4,88 a 12,98%, valores considerados baixos a médios para a maioria das variáveis, o que comprova a confiabilidade dos dados.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca total (MF),massa seca (MS), comprimento do hipocótilo/comprimento da radícula (CH/CR) e índice de velocidade de germinação/ tempo médio de germinação (IVG/TMG) submetidas a diferentes concentrações de extrato de sorgo.,

Fontes de Variação	GL	MF	MS	CH/CR	IVG/TMG
Concentrações	5	0.101**	0.0002**	6.452**	0.810**
Resíduo	24	0.002	0.000008	0.038	0.091
Total	29				
CV (%)	-	12.98	7.75	9.78	8.77

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns= não significativo pelo teste F.

A aplicação do extrato de sorgo influenciou significativamente a germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG), a razão IVG/TMG e a massa fresca das plântulas *de Bidens pilosa* (Figura 1). Para essas variáveis, os dados foram ajustados por modelos quadráticos, indicando resposta dependente da concentração do extrato. Em contrapartida, o tempo médio de germinação (TMG) (Figura 1B) não apresentou efeito significativo entre os tratamentos.

Para o IVG (Figura 1A), o modelo quadrático indicou aumento nas concentrações iniciais do extrato, seguido de redução nas concentrações mais elevadas, com ponto máximo estimado na concentração de 25% do extrato, indicando maior velocidade de germinação nessa concentração. A partir desse ponto, observou-se redução do IVG com o aumento das concentrações, evidenciando perda de vigor das sementes nas maiores doses avaliadas.

Comportamento semelhante foi observado para a razão IVG/TMG (Figura 1C), cujo modelo também apresentou resposta quadrática, com valor máximo estimado na concentração

de 25% do extrato, evidenciando maior desempenho fisiológico das sementes nas concentrações intermediárias e redução progressiva nas concentrações elevadas.

Para a massa fresca das plântulas (Figura 1D), o modelo quadrático estimou ponto de máximo na concentração de 24,9% do extrato, seguido por redução nas maiores concentrações, indicando menor acúmulo de biomassa em resposta ao aumento da concentração do extrato. O estímulo observado nas menores concentrações onde houve aumento na a massa fresca está diretamente relacionado ao fenômeno da hormese, caracterizado por respostas fisiológicas positivas quando organismos são expostos a baixas doses de compostos potencialmente tóxicos (EROFEEVA et al., 2024; PATEL et al., 2025). Além da hormese, a resposta positiva onde houve incremento na massa fresca das plântulas *de Bidens pilosa* está associada à presença de nutrientes minerais e de outros compostos naturalmente presentes no extrato de sorgo, os quais, em baixas concentrações, podem favorecer os processos metabólicos iniciais, a mobilização das reservas das sementes e o crescimento das plântulas. Segundo Murimwa et al., (2022), em 2 g de amostra de sorgo moído contém, quantidades signifcativas de nitrogêncio, fósforo e potássio, quantidades que favorecem o desencolvimento da plântula. No entanto, à medida que a concentração do extrato aumenta, a maior disponibilidade de aleloquímicos tende a superar esse efeito benéfico, resultando na inibição do crescimento radicular e do hipocótilo diminuindo o vigor das plântulas (TIBUGARI et al., 2020).

A germinação também apresentou resposta de regressão quadrática, com valor estimado de 95,06% na concentração de 25% do extrato de sorgo. A partir dessa concentração, verificou-se redução progressiva da germinação, atingindo os menores valores nas concentrações de 80 e 100% (Figura 1E), evidencia o efeito inibitório das maiores concentrações do extrato sobre o processo germinativo. A inibição do percentual de germinação em doses acima de 25%, está atribuída ao aumento da disponibilidade dos aleloquímicos presentes no extrato de sorgo, como compostos fenólicos e flavonoides (GOMES et al., 2023). Pois esses metabólitos secundários podem interferir na permeabilidade das membranas celulares, reduzir a absorção de água, comprometer a atividade enzimática e a divisão celular, além de induzir ao estresse oxidativo (PAN et al., 2021), resultando em menor percentual de germinação.

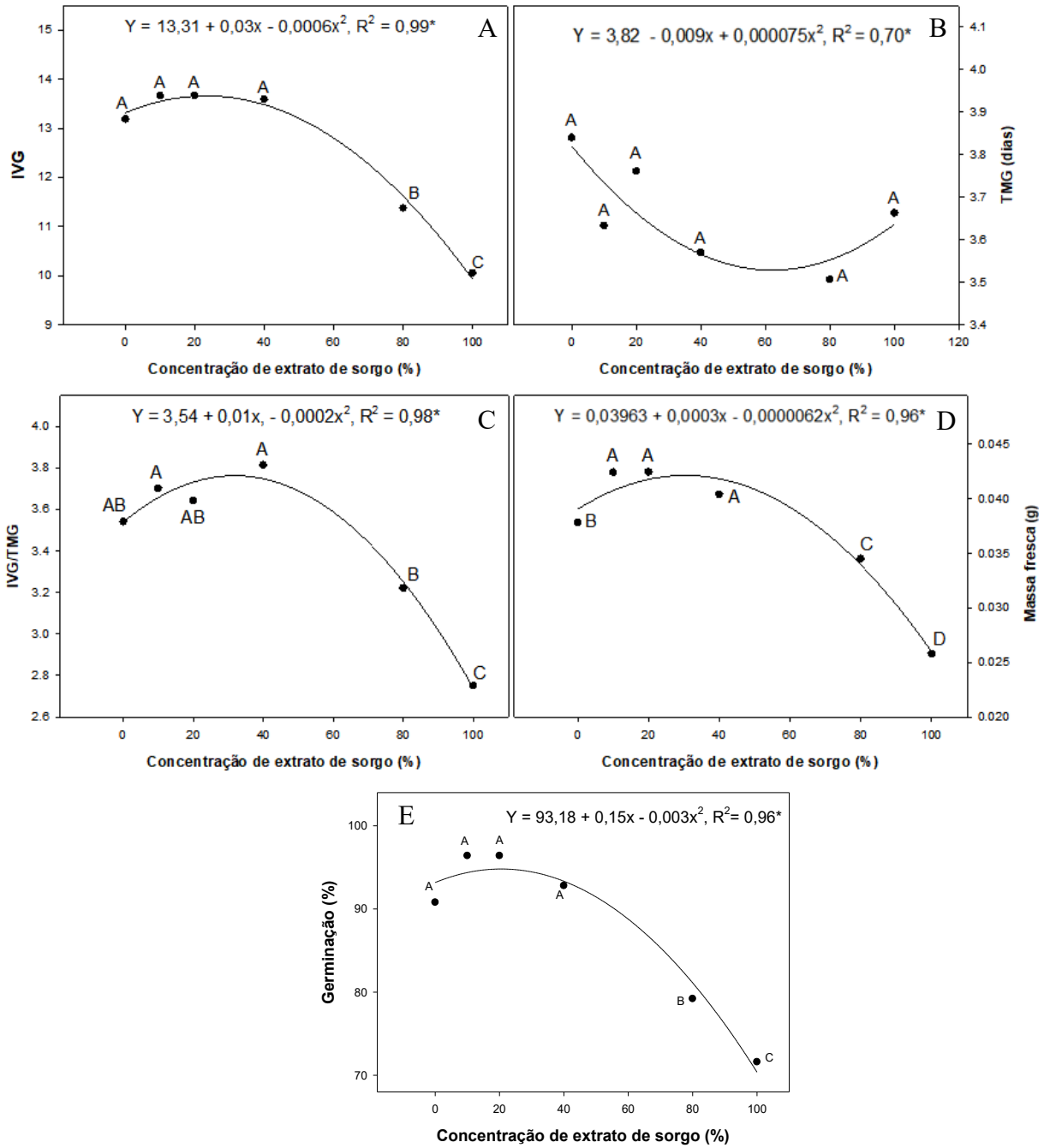


Figura 1. Resumo gráfico da análise de regressão para índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), razão entre IVG/TMG, germinação (%) e massa fresca de sementes e plântulas de picão preto submetidas a diferentes concentrações de extrato de sorgo.

Portanto, os resultados evidenciam o potencial alelopático do extrato de sorgo sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de *Bidens pilosa*. Esses resultados corroboram os descritos por Gomes et al. (2018), que observaram redução da germinação e do vigor de sementes expostas a compostos alelopáticos, bem como por Shahmohammadi et al. (2026), que relataram o efeito inibitório dos compostos fenólicos presentes no sorgo sobre espécies invasoras. De forma semelhante, Mango et al. (2022) destacam que o aumento da concentração de extratos vegetais ricos em aleloquímicos intensifica seus efeitos fitotóxicos,

reforçando o uso do sorgo como fonte de compostos bioherbicidas para o manejo sustentável de plantas daninhas.

A Figura 2 apresenta os modelos de regressão ajustados para o comprimento do hipocótilo (CH), comprimento da radícula (CR), relação entre comprimento do hipocótilo e da radícula (CH/CR) e massa seca (MS) das plântulas *de Bidens pilosa* submetidas a diferentes concentrações do extrato de sorgo. O comprimento do hipocótilo (CH), (Figura 2A) ajustou-se a um modelo quadrático, com valor máximo estimado de 23,51 mm na concentração de 28,23% do extrato de sorgo, seguido de redução nas concentrações superiores. Esse comportamento sugere que baixas concentrações dos compostos aleloquímicos presentes no extrato podem favorecer o crescimento, enquanto concentrações elevadas exercem efeito inibitório sobre o desenvolvimento do hipocótilo. Segundo Yar et al. (2020) também houve aumento do comprimento do coleóptilo de milho quando sementes foram expostas a baixas concentrações de extrato aquoso de sorgo. De forma semelhante, no presente estudo, concentrações reduzidas do extrato promoveram incremento no comprimento do hipocótilo das plântulas de *Bidens pilosa*.

O comprimento da radícula (Figura 2B) apresentou redução progressivamente com o aumento das concentrações do extrato, presentando redução linear com o aumento das concentrações do extrato de sorgo. Para cada incremento de 1% na concentração do extrato, observou-se redução de aproximadamente 0,23 mm no comprimento da radícula, evidenciando elevada sensibilidade do sistema radicular aos compostos alelopáticos presentes no extrato de sorgo. Esse efeito foi mais pronunciado do que o observado para o comprimento do hipocótilo, que apresentou resposta quadrática e estímulo nas menores concentrações, indicando que o sistema radicular foi afetado desde as menores concentrações avaliadas. A maior sensibilidade das raízes é explicada pelo contato direto com os aleloquímicos presentes no extrato e pela intensa atividade de divisão e expansão celular na região meristemática, características que tornam esse órgão mais suscetível aos efeitos desses compostos. Dessa forma, as alterações no crescimento radicular são amplamente utilizadas como um dos principais indicadores da atividade alelopática de extratos vegetais (KOSTINA-BEDNARZ et al., 2023). Assim, a redução do crescimento radicular observada em plântulas de *Bidens pilosa* limita a absorção de água e nutrientes, comprometendo o estabelecimento inicial da espécie e reduzindo sua capacidade competitiva em condições de campo.

A relação CH/CR (Figura 2C) aumentou à medida que se elevaram as concentrações do extrato, enquanto a massa seca apresentou comportamento quadrático, com valor máximo estimado de 0,0421g na concentração de 29,94%, seguido de redução nas maiores

concentrações.

Os resultados da análise de regressão demonstraram que as concentrações do extrato de sorgo influenciaram significativamente o crescimento e a produção de biomassa das plântulas de *Bidens pilosa* (Figura 2).

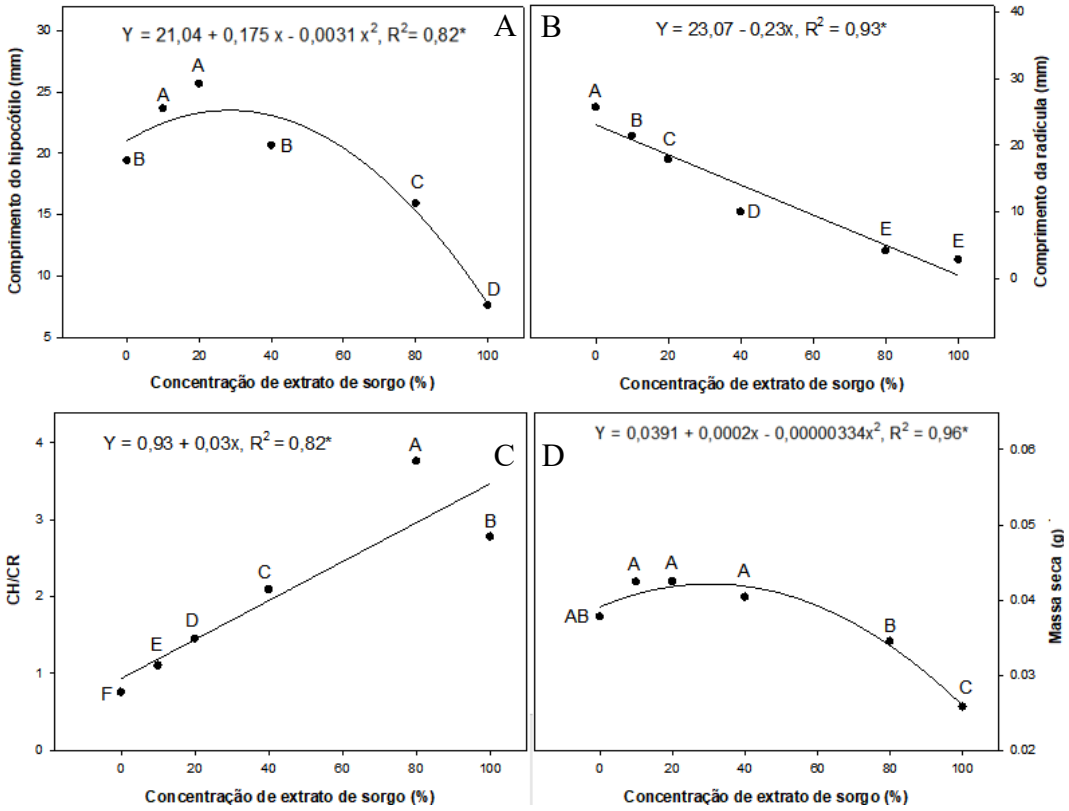


Figura 2. Resumo gráfico da análise de regressão para comprimento do hipocótilo (CH), comprimento da radícula (CR), razão entre comprimento do hipocótilo e comprimento da radícula (CH/CR) e massa seca (MS) de sementes e plântulas de picão preto submetidas a diferentes concentrações de extrato de sorgo.

A relação entre o comprimento do hipocótilo e o comprimento da radícula (CH/CR) apresentou ajuste linear crescente em função do aumento das concentrações do extrato de sorgo. O aumento da relação CH/CR indica que a acentuada redução no crescimento do sistema radicular aponta para a elevada sensibilidade deste órgão aos aleloquímicos do sorgo e causa prejuízos significativos no estabelecimento da planta de *Bidens pilosa*. As Alterações nessa relação demonstram que a planta daninha *Bidens pilosa* tem o desenvolvimento inicial do sistema radicular prejudicado e o estabelecimento comprometido, pois o menor crescimento da raiz resulta em reduzida capacidade de absorção de água e nutrientes necessários ao crescimento vegetal, causando clorose e redução dos teores de clorofila (OLIVEIRA et al., 2020).

A massa seca (MS) (Figura 2D) das plântulas apresentou comportamento quadrático, observando-se leve incremento da biomassa nas concentrações intermediárias, seguido de redução acentuada nas concentrações mais elevadas do extrato. Os maiores valores de massa

seca foram observados entre 20% e 40% de concentração, enquanto a concentração de 100% proporcionou os menores valores. Esse comportamento indica que concentrações elevadas do extrato de sorgo prejudicam o acúmulo de biomassa das plântulas *de Bidens pilosa* em decorrência da maior disponibilidade de compostos alelopáticos. Entretanto, o incremento da massa seca nas concentrações intermediárias está relacionado ao efeito hormético ou à presença de compostos bioativos e minerais naturalmente encontrados nos tecidos vegetativos do sorgo. Segundo Zannou et al. (2025), folhas, bainhas foliares e caules de sorgo apresentam elevados teores de minerais, como magnésio, sódio, ferro, zinco e cobre, além de compostos fenólicos. A presença desses constituintes sugere que eles possam ter contribuído para o crescimento inicial das plântulas quando presentes em baixas concentrações, o que pode explicar o incremento da massa seca observado nas concentrações intermediárias do extrato de sorgo.

De maneira geral, os resultados evidenciam o potencial alelopático do extrato de sorgo sobre o desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa*, promovendo alterações significativas no crescimento do hipocótilo, da radícula, na relação entre a parte aérea e o sistema radicular e no acúmulo de biomassa. Os efeitos foram dependentes da concentração do extrato, sendo mais pronunciados nas maiores concentrações, o que evidencia uma resposta dose-dependente aos compostos alelopáticos presentes no extrato de sorgo. Esses resultados demonstram o potencial do extrato de sorgo como fonte de compostos com atividade bioherbicida, indicando sua aplicação como ferramenta complementar para o manejo sustentável de *Bidens pilosa.*

Para a análise de inibição e estimulação (Figura 3) é evidenciado forte inibição em doses iguais ou superiores a 80%. O percentual de germinação, apresentou resposta positiva nas concentrações de 10%, 20% e 40%, promovendo leve aumento germinativo. No entanto, nas concentrações de 80% e 100%, observou-se efeito inibidor, reduzindo a germinação de sementes. Os maiores níveis de inibição ocorreram na concentração de 100%, evidenciando que o aumento da concentração do extrato de sorgo intensificou o efeito alelopático sobre o processo germinativo de *Bidens pilosa*. Para o índice de velocidade de germinação foi observado comportamento semelhante ao percentual de germinação. As concentrações de 10%, 20% e 40% promoveram leve incremento, enquanto as concentrações mais elevadas reduziram significativamente a velocidade de germinação. A concentração de 100% proporcionou a maior taxa de inibição do IVG, indicando atraso no processo germinativo das plântulas, pela alta concentração de compostos aleloquímicos inibitores presentes no extrato de sorgo.

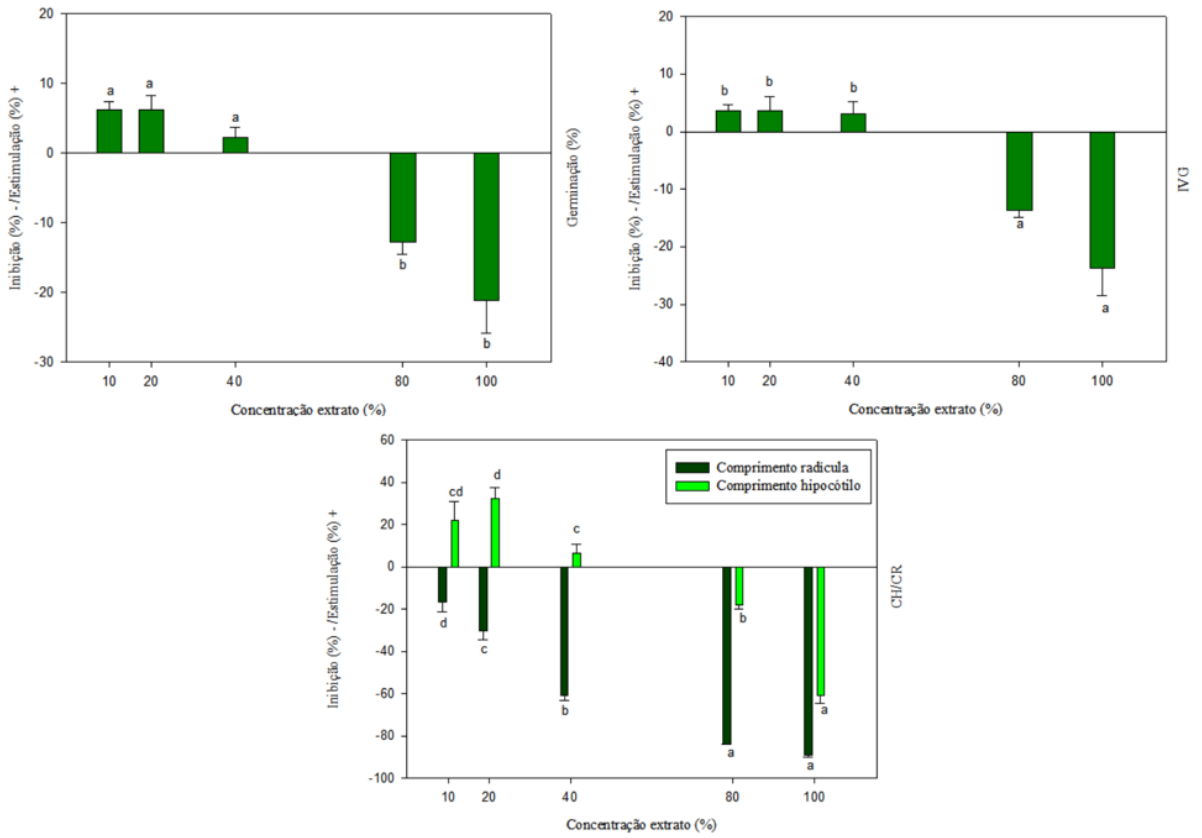


Figura 3. Percentual de inibição (-) ou estimulação (+) do crescimento da raiz e da radícula, germinação e IVG de plântulas de *Bidens pilosa* na presença de extrato de sorgo, em diferentes concentrações. As barras representam o erro-padrão. Valores expressos como médias ± erro-padrão (n=5). Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre as concentrações ($P < 0,05$).

O crescimento da radícula foi a variável mais afetada pela aplicação do extrato de sorgo. Verificou-se redução progressiva do comprimento radicular em todas as concentrações analisadas, onde observou-se níveis superiores a 80% de inibição nas concentrações de 80% e 100%. A análise da concentração inibitória de 50% (Ic_{50}) para comprimento da radícula, realizada por meio do ajuste do modelo de regressão logística de quatro parâmetros, resultou no valor de 34,67% do extrato de sorgo. Esse resultado indica que, nessa concentração, o extrato foi capaz de reduzir em 50% o crescimento radicular de *Bidens pilosa* em relação ao tratamento controle. O valor obtido evidencia a elevada sensibilidade do crescimento radicular ao extrato, pois a inibição de 50% ocorreu em concentração inferior à metade da concentração máxima avaliada. Entretanto, o comprimento do hipocótilo apresentou estímulo nas menores concentrações, principalmente em 20%, mas houve inibição nas maiores concentrações. Esses resultados obtidos demonstram maior sensibilidade do sistema radicular aos compostos alelopáticos presentes no extrato de sorgo.

Para as variáveis que apresentaram ajuste quadrático e estímulo nas menores concentrações do extrato, tal comportamento é explicado pelo fenômeno da hormese e à

presença de constituintes bioativos e minerais naturalmente presentes no extrato de sorgo, conforme discutido anteriormente.

A análise de variáveis canônicas para ordenação das variáveis avaliadas é apresentada na Figura 4. As duas variáveis canônicas explicaram 98,8% da variação total dos resultados, sendo 65% atribuídos à primeira variável canônica (Restrição do desenvolvimento germinativo) e 33,8% à segunda (Vigor inicial).

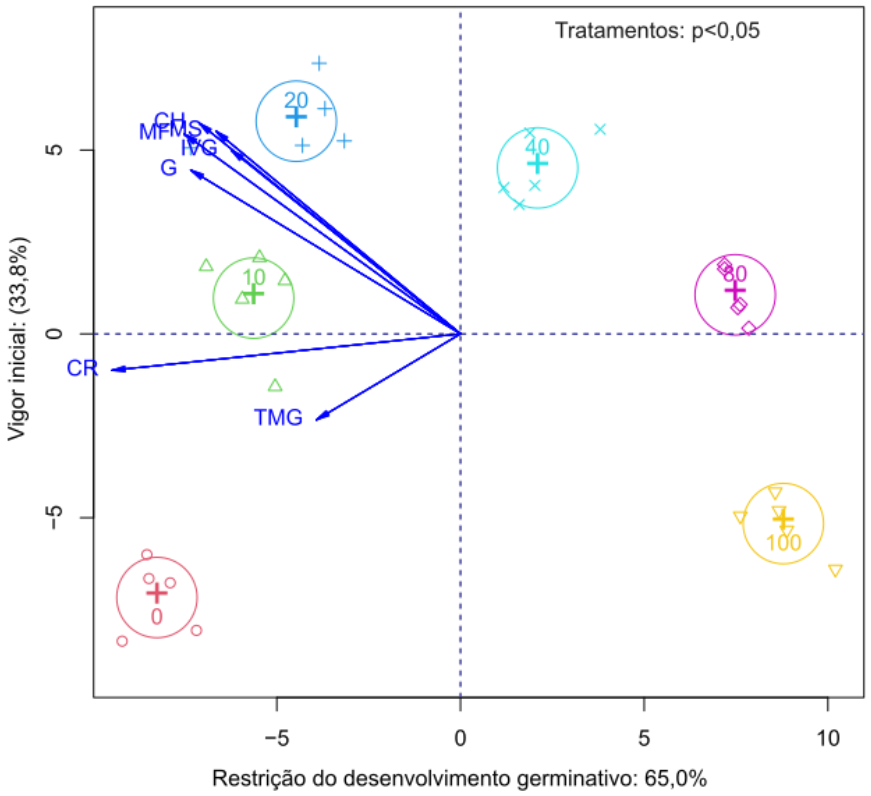


Figura 4. Análise de variáveis canônicas baseada nas variáveis germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento do hipocótilo (CH), comprimento da radícula (CR), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de sementes e plântulas de picão preto submetidas a diferentes concentrações de extrato de sorgo.

Observou-se que as variáveis germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), massa fresca (MF), massa seca (MS) e comprimento do hipocótilo (CH) apresentaram correlação positiva entre si, estando relacionadas aos tratamentos com menores concentrações do extrato de sorgo. Por outro lado, as concentrações mais elevadas do extrato apresentaram maior correlação com a restrição do desenvolvimento germinativo e redução do vigor inicial das plântulas.

5. CONCLUSÕES

O extrato de sorgo influenciou a germinação e o crescimento inicial de *Bidens pilosa*, promovendo respostas dependente das concentrações avaliadas.

A concentração inibitória de 50%(IC_{50}) para o comprimento da radícula *de Bidens pilosa* foi estimada em 34,67% de extrato de sorgo, sendo o sistema radicular a estrutura mais sensível ás concentrações avaliadas.

O extrato de sorgo apresentou potencial bioherbicida em doses elevadas, pois foram observados efeitos negativos sobre as variavéis analisadas, esses efeitos observados dificultaram o estabelecimento inicial da planta daninha, facilitando o controle.

A metodologia de extração alcoólica e posterior substituição por água após evaporação do álcool permitiu a obtenção significativa de aleloquímicos da folha de sorgo que resultou em um extrato de sorgo eficiente capaz de prejudicar o desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARASAN, A. P. *et al.* Development of herbicide resistant weeds and their impact on future weed management. **Discov Appl Sci** v. **7**, p. 1430, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s42452-025-07680-0.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

ARROYO, A. I. *et al.* Evidence for chemical interference effect of an allelopathic plant on neighboring plant species: a field study. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 13, n. 2, e0193421, 2018. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193421.

BARTOLOMÉ, A. P.; VILLASEÑOR, I. M.; YANG, W. C. Bidens pilosa L. (Asteraceae): botanical properties, traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, New York, v. 2012, 2012. DOI: https://doi.org/10.1155/2013/340215.

BATAGLINI, I. R. S *et al*. Controle de plantas daninhas com tecnologia laser e sensores ópticos: uma abordagem sustentável para a agricultura de precisão. **Revista Master – Ensino, Pesquisa e Extensão**, [S. l.], v. 11, n. 21, 2026. DOI: 10.47224/revistamaster.v10i20.758.

BESANÇON, T. E. *et al.* Conservation and divergence in sorgoleone production of sorghum species. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 49, n. 2, p. 368-377, 2020. DOI: https://doi.org/10.1002/jeq2.20038.

BHERING, L. L. RBio: A Tool for Biometric and Statistical Analysis Using the R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 187–190, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/SDA, 2025.

CHUNG, I. M.; AHN, J. K.; YUN, S. J. Assessment of allelopathic potential of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Crop Protection*, v. 20, p. 921–928, 2001. DOI: 10.1016/S0261-2194(01)00046-1.

EMBRAPA. Plantas espontâneas na produção de cenoura. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cenoura/producao/plantas-espontaneas. Acesso em: 27 ago. 2025.

ETUKUDO, E. M. *et al.* Exploring the phytochemical profile, antioxidant and anti-inflammatory potential of *Bidens pilosa*: a systematic review. **Frontiers in Pharmacology**, Lausanne, v. 16, 1569527, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1569527.

EROFEEVA, E. A. Plant hormesis: the energy aspect of low and high-dose stresses. **Plant Stress**, Amsterdam, v. 14, art. 100628, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100628.

GOMES, T. C. *et al.* Ação de extratos de sorgo na germinação de sementes de milho, alface e corda-de-viola (*Ipomoea* sp.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 168-176, 2018. DOI: https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p168-176.

GOMES, T. C. *et al.* The allelopathic effect of sorghum and its links to the extract composition and the sorgoleone. **Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 9, e023009, 2023. DOI: https://doi.org/10.36725/agries.v9i1.8453.

HIEN, L. T. *et al.* Investigation of appropriate phenolic compound extraction methods for *Sorghum bicolor* (L.) Moench shoot extracts from different cultivars. **Research on Crops**, Hisar, v. 17, n. 3, p. 479-482, 2016. DOI: https://doi.org/10.5958/2348-7542.2016.00078.4.

HE, F. *et al.* Synergistic herbicidal effects of *Nelumbo nucifera* Gaertn. leaf extract-silver nanoparticles against *Bidens pilosa* L. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, London, v. 12, art. 27, 2025. DOI: https://doi.org/10.1186/s40538-025-00741-x.

HUSSAIN, M. I. *et al.* Unraveling sorghum allelopathy in agriculture: concepts and implications. **Plants**, Basel, v. 10, n. 9, art. 1795, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/plants10091795.

KAKAR, K.; XUAN, T. D.; KHANH, T. D. Allelopathic potential of sweet sorghum root exudates and identification of the relevant allelochemicals. **Agrochemicals**, Basel, v. 2, n. 1, p. 96-105, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/agrochemicals2010007.

KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

KOSTINA-BEDNARZ, M.; PŁONKA, J.; BARCHANSKA, H. Allelopathy as a source of bioherbicides: challenges and prospects for sustainable agriculture. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, Dordrecht, v. 22, n. 2, p. 471-504, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11157-023-09656-1.

KUMAR, N. *et al.* Physiological and molecular insights into the allelopathic effects on agroecosystems under changing environmental conditions. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, New Delhi, v. 30, n. 3, p. 417-433, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s12298-024-01440-x.

LIMA, C. S. *et al.* Potencial alelopático de extratos de *Chloris gayana* na germinação de soja e picão-preto. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 15, n. 4, e10113, 2022. DOI: https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n4e10113.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x.

MARTINHO, L. A. *et al.* Phytotoxicity study of (amino)imidazo[1,2-*a*]pyridine derivatives

toward the control of *Bidens pilosa*, *Urochloa decumbens*, and *Panicum maximum* weeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 72, n. 3, p. 298-317, 2024. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c09477.

MANGO, L.; CHITSIKA, T.; NHETE, M. Allelopathic effects of sorghum species on weed seed germination and dry matter accumulation in different soil types. **International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences**, Izmir, v. 6, n. 3, p. 396-401, 2022. DOI: https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.3.8.

MATOS, F. S.; BORGES, L. P. **Folha seca: introdução à fisiologia vegetal**. 2. ed. Curitiba: Appris, 2024. 200 p.

MATOS, F. S. *et al.* Herbicidal potential of *Sorghum bicolor* (L.) Moench for weed control in soybean (*Glycine max* L.). **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 65, n. 2, p. 147-158, 2025. DOI: https://doi.org/10.26651/allelo.j/2025-65-2-1480.

MATOS, F. S. *et al.* Biorational agriculture: herbicidal activity of sorghum extract in control of *Cyperus rotundus* L. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 31, p. 675-682, 2021.

MCCURDY, J. D. *et al.* Developing and implementing a sustainable, integrated weed management program for herbicide-resistant *Poa annua* in turfgrass. **Crop, Forage & Turfgrass Management**, v. 9, n. 1, e20225, 2023. DOI: 10.1002/cft2.20225.

MELO, A. C. *et al.* Allelochemicals in *Sorghum bicolor* (L.) Moench as bio-inputs for weed control. **Allelopathy Journal**, Hisar, v. 64, n. 2, p. 141-154, 2025. DOI: https://doi.org/10.26651/allelo.j/2025-64-2-1523.

MEIRA, R. O. *et al.* Atividade alelopática de extratos de adubos verdes sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa* L. (Asteraceae, picão-preto). In: **Open Science Research XIX**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2025. p. 79-101. DOI: https://doi.org/10.37885/250419190.

MTENGA, D. V.; RIPANDA, A. S. A review on the potential of underutilized Blackjack (*Bidens pilosa*) naturally occurring in sub-Saharan Africa. **Heliyon**, Amsterdam, v. 8, n. 6, e09586, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09586.

MURIMWA, J. C. *et al*. Effect of sorghum mulches on emergence and seedling growth of beggarticks, goose grass, and sesame. **International Journal of Agronomy**, v. 2022, Article ID 2751106, 7 p., 2022. DOI: 10.1155/2022/2751106.

OLIVEIRA, Y. R. *et al.* Potencial alelopático de espécies da família Fabaceae Lindl. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 65-74, 2020. DOI: https://doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n1p65-74.

OMEZZINE, F.; HAOUALA, R. Effect of *Trigonella foenum-graecum* L. development stages on some phytochemicals content and allelopathic potential. *Scientia Horticulturae*, v. 160, p. 335–344, 2013. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.06.023.

PAN, Z. *et al.* In vivo assembly of the sorgoleone biosynthetic pathway and its impact on agroinfiltrated leaves of *Nicotiana benthamiana*. **New Phytologist**, London, v. 230, n. 2, p.

683-697, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/nph.17213.

PEGO, R. G.; FIALHO, C. M. T. Allelopathy of extracts of *Cyperus rotundus* and *Oxalis latifolia* on snapdragon seeds germination. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 327-333, 2018. DOI: https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1192.

PATEL, M.; KUMAR, P.; UPADHYAY, S. K. Optimization and conformational study to increase nutrients and biofuel content in the extract of sorghum's plant augmented by nano NPK and zeolite. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 203, art. 108343, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.108343.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: https://www.r-project.org/. Acesso em: 22 jul. 2025.

RAFAIN, E. F. *et al.* Correlation between sowing and fertilizer application systems and weeds in soybean crops. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 281-286, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n201rc.

REDIN, M.; GLIER, D. da S.; SEIDEL, M. A. Emergência de sementes de plantas daninhas afetadas pela profundidade e tempo no solo. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 26, n. 2, p. 195–204, 2025. DOI: 10.37779/nt.v26i2.5248.

SANTOS, L. D. T. *et al.* **Plantas daninhas: biologia e manejo sustentável**. Cuiabá: Aprosoja MT, 2025. 16 p.

SCAVO, A.; RESTUCCIA, A.; MAUROMICALE, G. Allelopathy: principles and basic aspects for agroecosystem control. In: GABA, S.; SMITH, B.; LICHTFOUSE, E. (ed.). **Sustainable Agriculture Reviews**. Cham: Springer, 2018. v. 28, p. 47-101. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-90309-5_2.

SHAHMOHAMMADI, F. *et al.* Allelopathic and autotoxic effects of sorghum extract and residues on seed behavior, and morphological, physiological, and biochemical responses of several plants. **Scientific Reports**, London, v. 16, n. 1, art. 8631, 2026. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-026-39434-2.

TIBUGARI, H. *et al.* Allelopathic sorghum aqueous extracts reduce biomass of hairy beggarticks. **Cogent Biology**, Abingdon, v. 6, n. 1, art. 1736846, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/23312025.2020.1736846.

SUSILO, E.; PUJIWATI, H.; RITA, W. Sorghum *bicolor* water extract as a bioherbicide: a comprehensive literature review. **Formosa Journal of Sustainable Research**, v. 4, n. 11, p. 1739-1758, 2025. DOI: https://doi.org/10.55927/fjsr.v4i11.720.

SYSTAT SOFTWARE, INC. **SigmaPlot for Windows**. Versão 13.0. San Jose: Systat Software, Inc., 2019.

VALIÑO, A. *et al.* Biomass from allelopathic agroforestry and invasive plant species as soil amendments for weed control: a review. **Agronomy**, Basel, v. 13, n. 12, art. 2880, 2023. DOI:

https://doi.org/10.3390/agronomy13122880.

YANG, L. *et al.* Determination of mineral elements of some coarse grains by microwave digestion with inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. **Journal of Chemistry**, London, v. 2012, art. 869297, 2012. DOI: https://doi.org/10.1155/2012/869297.

YAR, S. *et al.* Allelopathic influence of sorghum aqueous extracts and sorghum powder on germination indices and seedling vigor of hybrid corn and jungle rice. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 38, e020216710, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100005.

ZANNOU, O. *et al.* Red sorghum (*Sorghum bicolor*) leaf sheaths as source of stable pigments. **Discover Food**, Cham, v. 5, art. 18, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s44187-025-00275-z.

ZHOU, J. *et al*. From root exudate to green agrochemical: comprehensive review of sorgoleone's bioactivity and synthesis. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, v. 73, n. 52, p. 32970-32981, 2025. DOI: 10.1021/acs.jafc.5c10234