



**LÍVIA KARINE PEREIRA**

**EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE CASCA DE  
CAFÉ EM SEMENTES E PLANTULAS *Ipomoea Triloba* L. E  
*Bidens Pilosa* L.**

**LAVRAS – MG  
2024**

**LÍVIA KARINE PEREIRA**

**EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE CASCA DE CAFÉ EM SEMENTES E  
PLANTULAS *Ipomoea Triloba* L. E *Bidens Pilosa* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof(a). Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires  
Orientadora

Prof. Dr. Vagner Tebaldi de Queiroz  
Coorientador

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pereira, Lívia Karine.

Efeito alelopático de extratos de casca de café em sementes  
e plântulas *Ipomoea triloba* L. e *Bidens pilosa* L. / Lívia Karine  
Pereira. - 2024.

63 p. : il.

Orientador(a): Raquel Maria de Oliveira Pires.

Coorientador(a): Vagner Tebaldi de Queiroz, Sttela Dellyzete  
Veiga Franco da Rosa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Germinação. 2. Avaliação fisiológica. 3. Alelopatia. I. Pires,  
Raquel Maria de Oliveira. II. Queiroz, Vagner Tebaldi de. III. Rosa,  
Sttela Dellyzete Veiga Franco da. IV. Título.

**LÍVIA KARINE PEREIRA**

**EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS DE CASCA DE CAFÉ EM SEMENTES E  
PLANTULAS *Ipomoea Triloba L.* E *Bidens Pilosa L.***

**ALLELOPATHIC EFFECT OF COFFEE PEEL EXTRACTS ON SEEDS AND  
PLANTS *Ipomoea Triloba L.* AND *Bidens Pilosa L.***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 09 de fevereiro de 2024.

Dra. Marcela Carlota Nery

UFVJM

Dra. Dalysse Toledo Castanheira

UFLA

Prof (a). Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires  
Orientadora

Prof. Dr. Vagner Tebaldi de Queiroz  
Coorientador

Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2024**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor e Salvador, expresso profunda gratidão pela resiliência e força concedidas ao longo do meu percurso acadêmico. Em cada desafio, senti sua presença, guiando-me e fortalecendo minha determinação.

Aos meus amados pais, Almir Pereira e Luzia da Silva Pereira, dedico meu mais sincero agradecimento. Sua inabalável confiança e apoio foram a bússola que orientou meu caminho durante o mestrado, constituindo a base sólida que sustentou minhas conquistas.

Aos queridos irmãos e demais familiares, expresso gratidão pela torcida incessante. Cada palavra de encorajamento e gesto de apoio contribuiu significativamente para o alcance deste objetivo acadêmico.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Fitotecnia da UFLA, meu profundo agradecimento pela oportunidade proporcionada e pelo ambiente acadêmico propício ao crescimento intelectual. O aprendizado adquirido será eternamente valorizado.

À minha dedicada orientadora, Raquel Maria de Oliveira Pires, agradeço por sua orientação firme e comprometida. Seu apoio foi essencial para a concretização deste trabalho, sendo um farol que iluminou meu caminho acadêmico.

Aos coorientadores, cujo suporte e orientações foram fundamentais, expresso minha sincera gratidão. Suas contribuições foram cruciais para que este projeto se tornasse uma realidade.

Aos professores que compartilharam seu conhecimento e contribuíram para o aprimoramento das minhas habilidades, meu profundo reconhecimento.

Aos amigos que estiveram ao meu lado nos momentos felizes e difíceis, à equipe do Laboratório de Sementes e aos orientados da Raquel, meu agradecimento especial. Cada um desempenhou um papel crucial na realização dos experimentos e no sucesso deste trabalho.

Por fim, agradeço às instituições de fomento, o presente trabalho foi realizado com apoio da instituição de fomento do Conselho nacional de desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq), e demais órgãos de fomento INCT café e a empresa Bayer por investirem no desenvolvimento da pesquisa. Sua contribuição foi vital para a concretização deste projeto acadêmico.

## RESUMO

A alelopatia é definida como a influência benéfica ou prejudicial sobre um indivíduo, planta ou microrganismo, mediada por aleloquímicos. Nos vegetais, tais compostos são oriundos de metabólitos secundários, liberados no ambiente provenientes de diferentes partes da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito alelopático do extrato de casca de café no crescimento de sementes de plantas daninhas, corda-de-viola (*Ipomoea triloba*), picão-preto (*Bidens pilosa*), e a alface (*Lactuca sativa*), usada como planta modelo. Para tal, foram utilizados 9 tratamentos, sendo eles constituídos por quatro concentrações dos extratos 1 (etanólico) e 2 (aquoso) dos resíduos de casca de café. Para a obtenção do extrato 1, as cascas de café foram submetidas ao método sólido-líquido por refluxo, e para obtenção do extrato 2, considerado método simples, em que as cascas de café foram mantidas submersas em água por 24h. A partir do extrato 1, foram construídos os seguintes tratamentos: T1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ) do extrato 2 (E2), acrescido do T0 (controle), apenas com água destilada). Para avaliação do crescimento das sementes submetidas aos diferentes extratos e concentrações, os seguintes testes foram realizados: teste de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, a medição do comprimento das raízes e parte aérea, e análise de embebição de sementes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com um fatorial (2x4) +1 com ao todo 9 tratamentos provenientes das concentrações dos extratos 1 e 2 de casca de café, com 4 repetições de 25 sementes. Os dados foram submetidos ao teste ESD (Desvio Estudentizado Extremo) para identificação de valores discrepantes. O software SPEEDSTAT 2.4 foi utilizado para realizar a análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), regressão, teste Scott-Knott e Dunnet (comparação de tratamentos), para a geração dos gráficos de regressão das curvas de embebição. Os resultados demonstraram que o extrato aquoso, em sua menor concentração, promoveu significativamente a germinação de sementes de *Bidens pilosa*, enquanto o extrato etanólico causou inibição, independentemente da concentração. Para a espécie *Ipomoea triloba*, ambos os extratos causaram redução da germinação com o aumento da concentração dos extratos, sendo o extrato etanólico o mais expressivo. Quanto à *Lactuca sativa*, o extrato etanólico foi capaz de inibir por completo a germinação, e os extratos aquosos, em maiores concentrações, levaram à redução da germinação e do vigor das sementes. Os resultados de embebição de sementes de *Bidens pilosa*, *Ipomoea triloba* e *Lactuca sativa* tiveram comportamento diferente no processo de embebição, sendo que os extratos causaram atraso na embebição das sementes das espécies. Conclui-se que os extratos, principalmente o 1(etanólico), inibiram significativamente o potencial germinativo e vigor das sementes de picão-preto, enquanto o extrato 2 mostrou um efeito peculiar de estimular a germinação em baixas concentrações. Ambos os extratos provocaram redução no potencial germinativo da corda-de-viola e da alface. Os padrões de embebição indicaram uma diminuição na capacidade de absorção das espécies, com o aumento da concentração e a estabilização para picão-preto, corda-de-viola e de alface.

**Palavras-chave:** Germinação; avaliação fisiológica; alelopatia.

## ABSTRACT

Allelopathy is defined as the beneficial or harmful influence on an individual, plant, or microorganism, mediated by allelochemicals. In plants, such compounds originate from secondary metabolites, released into the environment from different parts of the plant. The aim of this study was to evaluate the allelopathic effect of coffee husk extract on the growth of weed seeds, including bindweed (*Ipomoea triloba*), Spanish needle (*Bidens pilosa*), and lettuce (*Lactuca sativa*), used as a model plant. For this purpose, 9 treatments were used, consisting of four concentrations of extracts 1 (ethanolic) and 2 (aqueous) of coffee husk residues. To obtain extract 1, coffee husks were subjected to the solid-liquid reflux method, and to obtain extract 2, a simple method was considered, in which coffee husks were submerged in water for 24 hours. From extract 1, the following treatments were constructed: T1 ( $1.538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $3.077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $4.615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), and T4 ( $6.154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) of extract 1 (E1). And T1 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $1.5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ) of extract 2 (E2), plus T0 (control, only distilled water). To evaluate the growth of seeds subjected to different extracts and concentrations, the following tests were performed: germination test, first germination count, germination speed index, measurement of root and shoot length, and seed imbibition analysis. The experimental design used was completely randomized (CRD), with a factorial (2x4) + 1 with a total of 9 treatments from the concentrations of extracts 1 and 2 of coffee husk, with 4 replicates of 25 seeds each. The data were subjected to the ESD (Extreme Studentized Deviate) test to identify outliers. The SPEEDSTAT 2.4 software was used to perform the analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ), regression, Scott-Knott test, and Dunnett test (comparison of treatments), to generate regression plots of imbibition curves. The results showed that the aqueous extract, at its lowest concentration, significantly promoted the germination of *Bidens pilosa* seeds, while the ethanolic extract caused inhibition, regardless of concentration. For the species *Ipomoea triloba*, both extracts caused a reduction in germination with increasing extract concentrations, with the ethanolic extract being the most pronounced. Regarding *Lactuca sativa*, the ethanolic extract completely inhibited germination, and the aqueous extracts, at higher concentrations, led to a reduction in germination and seed vigor. The seed imbibition results for *Bidens pilosa*, *Ipomoea triloba*, and *Lactuca sativa* showed different behaviors in the imbibition process, with the extracts causing a delay in seed imbibition for the species. It is concluded that the extracts, mainly extract 1 (ethanolic), significantly inhibited the germinative potential and vigor of Spanish needle seeds, while extract 2 showed a peculiar effect of stimulating germination at low concentrations. Both extracts caused a reduction in the germinative potential of bindweed and lettuce. Imbibition patterns indicated a decrease in species absorption capacity with increasing concentration and stabilization for Spanish needle, bindweed, and lettuce.

**Keywords:** Germination; physiological evaluation; allelopathy.

## INDICADORES DE IMPACTO

A alelopatia, um fenômeno de grande importância na ecologia dos vegetais e a agricultura, refere-se à interação entre plantas por meio da liberação de compostos químicos no ambiente. Este processo desempenha um papel significativo na estruturação de comunidades de plantas e no controle das plantas daninhas, afetando diretamente a dinâmica dos ecossistemas agrícolas. Nesse contexto o presente trabalho de pesquisa intitulado "Efeito Alelopático de Extratos de Casca de Café em Sementes e Plântulas de *Ipomoea Triloba* L. e *Bidens Pilosa* L." representa um avanço no campo da agricultura sustentável e na busca por alternativas naturais para manejo de plantas daninhas. As plantas daninhas representam uma ameaça constante para a produtividade agrícola, devido à competição por recursos essenciais. Tradicionalmente, o controle de plantas daninhas tem sido realizado por meio do uso de herbicidas, que apesar de eficazes, apresentam preocupações ambientais e saúde pública devido à sua toxicidade, impacto negativo no ecossistema devido ao aumento da resistência natural das plantas. Nesse contexto, a pesquisa que investiga o potencial alelopático dos extratos de casca de café surge como uma alternativa promissora e sustentável. Ao utilizar um subproduto natural, que seria descartado e mais poluente, como um agente herbicida, essa abordagem oferece uma solução duplamente vantajosa; sendo capaz de reduzir o desperdício e fornecer uma ferramenta mais segura e ambientalmente favoráveis. O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito alelopático do extrato de casca de café no crescimento de sementes de plantas daninhas, corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e no alface (*Lactuca sativa* L.), utilizada como espécie indicadora. Para tal, foram utilizados 9 tratamentos em um esquema fatorial (2 x 4) + 1 em DIC (delineamento inteiramente casualizado), sendo constituídos por quatro concentrações dos extratos 1 (etanólico) e 2 (aquoso) dos resíduos de casca de café. A partir do extrato 1, foram construídos os seguintes tratamentos: T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2), acrescido do T0 (controle), apenas com água destilada). Os resultados demonstraram que os extratos reduziram significativamente o potencial germinativo e vigor das sementes, sendo o extrato etanólico 1 que gerou inibição e o extrato aquoso 2 que com o gradativo aumento de concentração foi eficiente em reduzir e afetar a germinação das sementes. Neste contexto, é importante ressaltar que a sustentabilidade na agricultura não se limita apenas ao controle de plantas daninhas, mas engloba todo o sistema de produção. Portanto, pesquisas como esta podem promover uma agricultura mais holística, alinhada à preservação ambiental e segurança alimentar além de ser uma oportunidade de transformar sistemas agrícolas em mais sustentáveis e resilientes.

## IMPACT INDICATORS

Allelopathy, a phenomenon of great importance in plant ecology and agriculture, refers to the interaction between plants through the release of chemical compounds into the environment. This process plays a significant role in structuring plant communities and controlling weeds, directly affecting the dynamics of agricultural ecosystems. In this context, the present research work titled "Allelopathic Effect of Coffee Husk Extracts on Seeds and Seedlings of *Ipomoea triloba* L. and *Bidens Pilosa* L." represents an advancement in the field of sustainable agriculture and the search for natural alternatives for weed management. Weeds pose a constant threat to agricultural productivity due to competition for essential resources. Traditionally, weed control has been achieved through the use of herbicides, which, despite being effective, raise environmental and public health concerns due to their toxicity and the negative impact on the ecosystem caused by increased natural resistance in plants. In this context, research investigating the allelopathic potential of coffee husk extracts emerges as a promising and sustainable alternative. By utilizing a natural by-product that would otherwise be discarded and more polluting, as an herbicide agent, this approach offers a doubly advantageous solution: reducing waste and providing a safer and more environmentally friendly tool. The objective of this study was to evaluate the allelopathic effect of coffee husk extract on the growth of weed seeds, namely morning glory (*Ipomoea triloba* L.) and blackjack (*Bidens Pilosa* L.), as well as on lettuce (*Lactuca sativa* L.), used as an indicator species. To this end, 9 treatments were used in a factorial scheme (2 x 4) + 1 in a completely randomized design (CRD), consisting of four concentrations of extracts 1 (ethanolic) and 2 (aqueous) from coffee husk residues. From extract 1, the following treatments were constructed: T1 ( $1.538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $3.077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $4.615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), and T4 ( $6.154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ). And for extract 2, the treatments were: T1 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $1.5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), and T4 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), along with T0 (control), which used only distilled water. The results demonstrated that the extracts significantly reduced the germination potential and vigor of the seeds, with ethanolic extract 1 causing inhibition and aqueous extract 2 effectively reducing and affecting seed germination with increasing concentration. In this context, it is important to emphasize that sustainability in agriculture is not limited to weed control but encompasses the entire production system. Therefore, research like this can promote more holistic agriculture, aligned with environmental preservation and food security, and provide an opportunity to transform agricultural systems into more sustainable and resilient ones.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Fluxograma com as concentrações dos extratos 1 e 2 e os tratamentos as quais foram submetidas as espécies de sementes de picão-preto (*Bidens Pilosa* L.), corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) usado como planta modelo..... 26
- Figura 2** – Tratamentos utilizadas na análise da embebição das sementes das espécies submetidas aos extratos 1 e 2. .... 28
- Figura 3** – Gráfico de embebição (g) pelas sementes de *Bidens pilosa* L., no período de tempo (h) , submetidas à embebição em água (controle) em suas respectivas concentrações do extrato 1 e 2 correspondentes aos tratamentos, que são: T0 (apenas água destilada como controle ), T1E1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E1 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E1 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4E1 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T1E2 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E2 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4E2 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ )..... 37
- Figura 4** – Gráfico de embebição (g) pelas sementes de *Ipomoea triloba* L. submetidas à embebição em água (controle) e as demais em suas respectivas concentrações do extrato 1 e 2 correspondentes aos tratamentos, sendo o: T0 (apenas água destilada como controle ), T1E1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E1 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E1 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4E1 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T1E2 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E2 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4E2 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ). .... 45
- Figura 5** – Gráfico de embebição (g) pelas sementes de *Lactuca Sativa* L. submetidas à embebição em água (controle) e as demais em suas respectivas concentrações do extrato 1 e 2 correspondentes aos tratamentos, sendo o: T0 (apenas água destilada como controle ), T1E1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E1 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E1 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4E1 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T1E2 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E2 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4E2 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ). .... 52

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Porcentagem de germinação - G (%), primeira contagem – PC (%), valores médios de plântulas anormais – PA (%), sementes dormentes – DORM., sementes mortas – MORTAS (%), da espécie daninha <i>Bidens pilosa</i> L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle ), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 1 ( E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $1 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T4 ( $2 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 2 (E2).....	30
<b>Tabela 2</b> – Valores médios do comprimento de raiz de plântulas normais - CR (cm), comprimento da parte aérea de plântulas normais - CPA (cm), comprimento total de plântulas normais – CT (cm), massa fresca de plântulas – MF (g) e massa seca de plântulas – MS (g) da espécie daninha <i>Bidens pilosa</i> L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle ), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 1 ( E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $1 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T4 ( $2 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 2 (E2).....	35
<b>Tabela 3</b> – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de <i>Bidens pilosa</i> L.(continua).....	37
<b>Tabela 3</b> – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de <i>Bidens pilosa</i> L.(conclusão).....	38
<b>Tabela 4</b> – Porcentagem de germinação – G (%), primeira contagem – PC (%), Valores médios de plântulas anormais – PA (%), sementes dormentes - DORM., sementes mortas – MORTAS (%), da espécie daninha <i>Ipomoea triloba</i> L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle ), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 1 ( E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $1 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T4 ( $2 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 2 (E2). ....	40
<b>Tabela 5</b> – Valores médios do comprimento de raiz de plântulas normais – CR (cm), comprimento da parte aérea de plântulas normais – CPA (cm), comprimento total de plântulas normais – CT (cm), massa fresca de plântulas – MF (g) e massa seca de plântulas – MS (g) da espécie daninha <i>Ipomoea triloba</i> L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle ), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 1 ( E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $1 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T4 ( $2 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 2 (E2).....	43
<b>Tabela 6</b> - Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de <i>Ipomoea triloba</i> L. (continua).....	45

<b>Tabela 6</b> - Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de <i>Ipomoea triloba</i> L. (conclusão).....	46
<b>Tabela 7</b> – Porcentagem de germinação – G (%), primeira contagem – PC (%), plântulas anormais – PA (%), sementes dormentes – DORM. (%), sementes mortas – MORTAS (%), da espécie <i>Lactuca sativa</i> L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $1 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T4 ( $2 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 2 (E2). .....	47
<b>Tabela 8</b> – Valores médios do comprimento de raiz – CR, Comprimento de parte aérea – CPA, comprimento total – CT, Massa fresca – MF, massa seca – MS da espécie <i>Lactuca sativa</i> L., submetidas aos tratamentos: : T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T2 ( $1 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ), T4 ( $2 \times 10^{-1}$ g mL <sup>-1</sup> ) do extrato 2 (E2). .....	51
<b>Tabela 9</b> – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de <i>Lactuca sativa</i> L. (continua). .....	52
<b>Tabela 9</b> – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de <i>Lactuca sativa</i> L. (conclusão). .....	53

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do café no Brasil e no mundo .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Resíduos do beneficiamento do café .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Alelopatia de resíduos vegetais .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Efeitos alelopáticos da casca do café.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Plantas daninhas.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b><i>Ipomoea triloba</i> L.....</b>	<b>20</b>
<b>2.7</b>	<b><i>Bidens pilosa</i> L.....</b>	<b>21</b>
<b>2.8</b>	<b><i>Lactuca sativa</i> L. – espécie indicadora .....</b>	<b>22</b>
<b>2.9</b>	<b>Aspectos fisiológicos que impactam as sementes.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Bidens pilosa</i> L.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b><i>Ipomoea triloba</i> L.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3</b>	<b><i>Lactuca sativa</i> L. – Espécie indicadora .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alelopatia é um processo que pode ocorrer em todos os organismos vivos, sendo mais evidente nos vegetais e microrganismos. É definida como uma interação bioquímica que geralmente promove efeito prejudicial de uma planta sobre outra, devido aos aleloquímicos presentes nos tecidos vivos da planta, os quais são liberados no ambiente. Essa liberação de metabólitos secundários no ambiente, pode ou não, afetar o crescimento e o desenvolvimento dessas plantas (Zimdahl, 2018).

Com isso, a origem da influência alelopática entre espécies reside na liberação inicial de metabólitos secundários pela espécie emissora. Ao serem absorvidos pela espécie receptora, esses metabólitos iniciam alterações em seu metabolismo, abrangendo desde a germinação até o estabelecimento da plântula e o posterior desenvolvimento da planta adulta (Taiz; Zeiger, 2013).

Os aleloquímicos liberados têm a capacidade de afetar o crescimento das plantas de variadas formas, apresentando efeitos diretos sobre o desenvolvimento e estabelecimento vegetal. Além disso, eles exercem impactos indiretos ao participar na degradação e transformação de subprodutos. A sua influência também se estende por meio da interação com os fatores abióticos e bióticos presentes no substrato, além de induzir a liberação de substâncias químicas por outras espécies de plantas (Silva *et al.*, 2022).

Produzidos em diferentes órgãos da planta, em raízes, folhas, flores e frutos, e o efeito dos aleloquímicos nas plantas receptoras, depende da espécie e a resposta delas aos fatores ambientais (Andrade; Bittencourt; Vestena, 2009). A liberação dos aleloquímicos ocorre de diferentes formas: por volatilização, exsudação radicular, lixiviação e decomposição de resíduos. Um dos principais objetivos nos estudos de alelopatia é identificar os compostos bioativos que são fonte de moléculas orgânicas com ação herbicida, devido aos crescentes casos de espécies invasoras resistentes aos sítios de ação dos herbicidas comerciais (Silveira *et al.*, 2021).

Quando essas substâncias são liberadas em quantidades suficientes, podem causar efeitos alelopáticos, os quais podem ser observados durante a germinação, crescimento inicial e/ou desenvolvimento de microrganismos estabelecidos (Carvalho, 1993). Os vegetais quando submetidos a ação dos efeitos alelopáticos, sofrem alterações principalmente nos seus aspectos básicos de sobrevivência como na respiração, na fotossíntese, na abertura de estômatos, síntese protéica, pode causar a inibição do transporte de membranas e na atividade enzimática (Spiassi *et al.* 2015).

Ao longo de anos, os pesquisadores vêm estudando formas de comprovar a existência da alelopatia, através dos compostos alelopáticos envolvidos em efeitos benéficos ou não. Destes, os resíduos gerados pelo beneficiamento das sementes de café, tem se destacado.

A casca de café, que representa parte da massa do fruto colhido, pode ser utilizada de diferentes formas. O acúmulo residual da casca, forma uma cobertura no solo que possui potencial alelopático, que pode interferir positivamente ou negativamente no ambiente (Santos *et al.*, 2002). Os aleloquímicos de diversas espécies de café, possuem quantidades de cafeína, teobromina e teofilina, em extratos aquosos de endosperma de frutos maduros e imaturos. A cafeína é o alcalóide presente em maiores quantidades, com concentrações que são em geral, similares a de frutos maduros e imaturos (Mazzafera; Yamaoka-Yano; Vitória, 1996).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2021), o Brasil se configura como um líder mundial na produção do café, com cerca de 1/3 da produção mundial, seguido por Vietnã e Colômbia. Nesse contexto, é de grande interesse a avaliação dos efeitos dos resíduos de sua produção, no desenvolvimento e crescimento de demais espécies de organismos vivos, sendo necessário a realização de pesquisas que visam o aproveitamento máximo deste grão e dos resíduos resultantes de todo o seu processo de beneficiamento.

Dessa maneira, o objetivo no presente trabalho foi avaliar o efeito alelopático dos extratos de casca de café no crescimento de sementes e plântulas das espécies daninhas corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e da espécie indicadora alface (*Lactuca sativa* L.).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do café no Brasil e no mundo

O desenvolvimento da cultura do café no Brasil segue a história do país devido a sua grande importância socioeconômica. O café é uma planta originária do continente africano, das regiões altas da Etiópia, onde ocorre espontaneamente como uma planta de sub-bosque. No Brasil, chegou no início do século XVIII, com mudas que vieram da Guiana Francesa para o Estado do Pará (Clube Café, 2023).

Nesse mesmo período, ocorreu uma elevação nos preços internacionais da commodity, o que trouxe estímulo à produção interna do café, de maneira que a cultura ultrapassou as demais, como a cana-de-açúcar e o algodão, se tornando o principal produto de exportação no Brasil (Furtado, 2006).

O desenvolvimento da produção de café ao longo dos anos foi influenciado pela "expansão das regiões produtoras e/ou o aumento da produtividade, dependendo do contexto histórico e do interesse em constante evolução dos compradores internacionais" (Mergulhão, 2017). A cafeicultura exerce uma função crucial tanto na economia mundial quanto na nacional, e o Brasil tem mantido de maneira constante uma posição destacada como o principal produtor e exportador desde o século XIX (Sereia; Camara; Cintra, 2008; Silva, 2023).

Com isso, no ano de 2023 o Brasil fechou com um total de produção de 55.072,3 mil sacas de 60 kg de café beneficiado, atingindo uma variação de 8,2 %. Nesse mesmo ano atingiu uma produtividade de 27,7 scs/h (Conab, 2023).

O café conilon, também conhecido como café robusta, possui um sabor mais acentuado, com uma maior intensidade de amargor, enquanto o café arábica é caracterizado por um sabor mais doce, ligeiramente ácido (Moka Clube, 2019).

Devido à sua maior aceitação tanto no mercado internacional quanto no mercado nacional, a produção de café arábica é três vezes maior do que a do café robusta, esse aspecto também é refletido no preço de mercado (Bicho *et al.*, 2005).

O processo de produção cafeeira no Brasil e no mundo envolve uma série de processos como a produção em campo, recepção e beneficiamento dos grãos, torrefação, moagem, embalagem e rotulagem. Este processamento constitui o processo de pós-colheita do café que gera subprodutos desse processamento (Embrapa, 2004).

## 2.2 Resíduos do beneficiamento do café

O beneficiamento de café configura-se como um conjunto de operações em que o objetivo é obter lotes homogêneos que atendam padrões de comercialização e ou industrialização (Matiello, 2002).

O fruto do café possui um formato ovoide. Sua composição, abrange partes, o epicarpo (casca), mesocarpo (mucilagem), endocarpo (pergaminho) e endosperma (sementes). O epicarpo, ou casca, age como uma camada externa avermelhada de proteção ao café. A mucilagem, também conhecida como mesocarpo, representa cerca de 29% do peso seco do fruto e é uma camada gelatinosa rica em açúcares, situada entre a polpa e o pergaminho (Halal, 2008).

O endocarpo, é uma membrana que envolve as sementes e desempenha um papel fundamental na estrutura do fruto. A complexidade dessa composição destaca a diversidade de componentes que contribuem para as características distintivas e a qualidade do café produzido (Halal, 2008).

Após o grão colhido o seu beneficiamento deve ocorrer preferencialmente a partir do 15º dia após secagem. Isso, para que haja estabilização de propriedades físico-químicas do café que afetam a qualidade da bebida final (Silva, 1995).

Nas lavouras cafeeiras, é gerada uma quantidade de resíduos significativa, na ordem de 45% do total do café colhido (Venturim, 2002). Nesse contexto, o processamento do café adota dois métodos distintos: a via seca e a via úmida, cada um gerando resíduos únicos. No método úmido, a extração da casca e polpa do fruto ocorre com o uso de água, seguida pela secagem para produzir o café conhecido como pergaminho. Esse processo continua com as etapas subsequentes no beneficiamento. Em contraste, o método seco, uma abordagem mais simplificada, realiza a secagem diretamente nos grãos, ao contrário do método úmido, resultando no café em coco para o beneficiamento subsequente (Yoshida, 2005).

Na despolpa por via seca, a remoção das cascas é a principal fonte de resíduo. O material residual, além das cascas, inclui também a polpa e o pergaminho. Quando a despolpa é conduzida por via úmida, o resíduo inicial é composto por polpa e casca, e após a secagem dos grãos, os pergaminhos são removidos, estando presentes em 12% dos frutos secos colhidos, resultando em mais resíduos. Estima-se que no processo de beneficiamento dos grãos de café 50% em massa são considerados resíduos (Carneiro *et al.*, 2020).

A depender do método de processamento, são gerados diferentes subprodutos do processamento como a casca, a polpa, o pergaminho e a mucilagem. Devido à considerável

quantidade com que esses resíduos são produzidos, têm-se investigado a viabilidade da sua utilização na agricultura. Isso se deve à necessidade de uma disposição adequada no meio ambiente (Felix *et al.*, 2007; Caldeira *et al.*, 2014; Lo Monaco *et al.*, 2009).

### **2.3 Alelopatia de resíduos vegetais**

O efeito alelopático em plantas refere-se à capacidade delas de provocarem efeitos benéficos ou inibitórios em outras plantas através da liberação de aleloquímicos no meio ambiente. Os aleloquímicos relacionados a alelopatia, pertencem à classe dos fenólicos, terpenóides e alcalóides (Lopes *et al.*, 2022).

Acredita-se que os aleloquímicos possam exercer influência no crescimento das plantas de diversas formas, manifestando-se tanto por meio de efeitos diretos sobre o crescimento e no estabelecimento das plantas, assim como por efeitos indiretos relacionados à degradação e transformação de subprodutos. Além disso, essa influência pode ocorrer por meio da interação com fatores abióticos e bióticos do substrato, bem como pela indução na liberação de substâncias químicas por outra espécie de planta (Silva *et al.*, 2022).

Além disso, os aleloquímicos presentes no solo, também podem afetar a germinação das sementes, alterando fatores bioquímicos ou fisiológicos e processos como o metabolismo energético mitocondrial (El *et al.*, 2006).

As células que liberam os aleloquímicos, possuem uma dualidade em seu metabolismo o qual é dividido em duas categorias: o primário e o secundário. O metabolismo primário é responsável pela criação dos metabólitos essenciais para a sobrevivência celular, como carboidratos, proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos e o secundário responsável pelas criações de metabólitos para a defesa da planta, divididos em 3 grandes grupos de compostos terpenos, compostos fenólicos e componentes contendo nitrogênio (Menezes, 2020).

Esses compostos do metabolismo primário, são fundamentais para a vida celular, embora tenham uma atividade biológica limitada. Eles são produzidos de forma contínua na planta, desempenhando papéis cruciais nos processos de fotossíntese, respiração e transporte de substâncias. Já o metabolismo secundário, este é responsável por produzir os metabólitos secundários, os quais são considerados como não essenciais à sobrevivência do vegetal (Vizzotto; Krolow; Weber, 2010).

Foram realizadas algumas iniciativas na tentativa de categorizar esses metabólitos secundários, sendo que Whittaker e Feeny (1971) os classificaram em cinco grandes grupos: ácido cinâmico, flavonoides, terpenoides, esteroides e alcaloides. Atualmente, são conhecidos

cerca de 10.000 produtos secundários com propriedades alelopáticas, representando apenas uma pequena fração da vasta diversidade existente na natureza (Almeida, 1991).

Têm sido realizados estudos com o intuito de isolar e identificar a estrutura química dos aleloquímicos, bem como determinar em quais espécies essas substâncias são encontradas (Pires *et al.*, 2010). A liberação de substâncias alelopáticas ocorre a partir dos tecidos vegetais por meio de processos como volatilização, lixiviação, exsudação radicular e decomposição de resíduos vegetais (Rice, 1984).

Com a finalidade de identificar as propriedades alelopáticas em plantas designadas como doadoras, realiza-se bioensaios utilizando espécies receptoras conhecidas por sua sensibilidade a aleloquímicos, como *Lactuca sativa* e *Solanum lycopersicum* (Ferreira; Aquila, 2000; Pires *et al.*, 2010). No entanto, segundo Reigosa *et al.* (2013), a utilização de espécies receptoras sensíveis pode exagerar o potencial alelopático da planta doadora. Assim, a escolha de plantas espontâneas ou cultivadas na mesma traz uma semelhança mais próxima ao que ocorre naturalmente no ambiente (Barbosa *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2016).

Nesse sentido, nota-se que a alelopátia desempenha uma função crucial ao favorecer o crescimento da espécie emissora, enquanto as plantas ao redor sofrem um impacto negativo, resultando na interrupção ou prejudicando seu desenvolvimento. Os compostos alelopáticos permanecem como alvo de estudos, acompanhados de análises dos seus mecanismos, em diversas áreas, especialmente em pesquisas que buscam alternativas aos herbicidas sintéticos na agricultura. Essa abordagem é considerada significativa, uma vez que os herbicidas sintéticos podem causar danos não apenas à saúde humana, mas também à biodiversidade presente no ambiente (Silva *et al.*, 2022).

#### **2.4 Efeitos alelopáticos da casca do café**

Os restos vegetais, bem como as cascas provenientes do café, são frequentemente utilizados em diversas culturas como meio de combate a plantas indesejadas (Santos *et al.*, 2001). Para a correta determinação do potencial alelopático de uma planta, recorre-se com frequência à técnica de produção de extratos aquosos e orgânicos (Almeida, 1991).

A partir de uma planta ou de suas partes, quer seja fresca ou seca são feitos os extratos aquosos, o qual é aplicado sobre as sementes de outras espécies. Esta técnica é realizada em laboratório e casa de vegetação é considerada simples e usual, fundamentada na capacidade de contribuir para isolar o efeito alelopático de outras interferências (Gomide, 1993).

A preferência da utilização do extrato aquoso em testes alelopáticos, consiste na procura de similaridade com a lixiviação na natureza, cujas substâncias químicas que se encontram em

plantas ou resíduos, geralmente são lixiviadas pela chuva e orvalho em quantidades significativas para o solo (Medeiros, 1989).

Dessa maneira foram conduzidos ensaios com extratos aquosos de folhas de cultivares de café Acaiá, Catuai e Itacu, sobre a germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de alface, conduzidos por Alves, Mendes e Gomide (1997), revelaram que as folhas do cafeeiro mostraram potencial alelopático, inibindo a germinação de sementes, a 12% de concentração, reduzindo bastante a altura das plântulas e comprimento da raiz, havendo diferenciação de ação alelopática entre as cultivares de café.

Em um outro experimento, em laboratório, foi realizado um teste para avaliar a fitotoxicidade dos alcaloides presentes no café, como cafeína, teobromina, teofilina e paraxitina, sobre o crescimento da radícula de alface (*Lactuca sativa L.*). A aplicação de soluções aquosas em quatro concentrações distintas (100, 200, 300 e 400 ppm) foi realizada, tendo a água destilada como controle. Após 48 horas a uma temperatura de 25°C, observou-se efeitos inibitórios desses compostos, sendo a cafeína a que apresentou maior propensão à inibição (Chou; Waller, 1980).

Com o intuito de simular processos naturais, a utilização de extratos em testes alelopáticos busca reproduzir as condições encontradas na natureza (Santos *et al.*, 2002). Alguns grupos de substâncias contidas nos extratos provenientes da casca do café podem exercer influência no processo de germinação de plantas cultivadas (Andrade; Bittencourt; Vestena, 2009).

## **2.5 Plantas daninhas**

As plantas daninhas podem ser definidas como qualquer planta que cresce em um local não desejado, interferindo direta e/ou indiretamente nas culturas de interesse, causando reduções na produção (Lorenzi, 2006).

Essas plantas são identificadas por várias denominações, incluindo infestantes, plantas invasoras, plantas voluntárias, plantas espontâneas e ervas daninhas. Essa diversidade de designações reflete a ampla gama de formas como as pessoas se referem a essas espécies vegetais, variando entre termos técnicos e linguagem cotidiana, de acordo com diferentes regiões ou contextos culturais (Silva *et al.*, 2021).

Muitas das plantas indesejadas são reconhecidas como espécies nativas ou até mesmo cultivadas e medicinais. Dessa forma, o uso do termo "planta invasora" não se mostra apropriado. Outra expressão a ser evitada é "erva daninha" (Brighenti; Oliveira, 2011), já que

aproximadamente 20% das espécies vegetais consideradas daninhas, não são herbáceas, podendo ser classificadas como arbustos ou árvores (Maciel *et al.*, 2010; Lorenzi, 2008).

Plantas daninhas comuns são as que possuem habilidade de sobreviver em condições não ideais. Além da incidência de plantas daninhas, temos também as voluntárias que são popularmente resultantes de sementes de culturas plantadas em safras anteriores. As denominadas plantas daninhas verdadeiras apresentam características específicas de sobrevivência que as permitem classificá-las como infestantes ou daninhas (Marinis, 1972).

As plantas daninhas, devido à sua adaptação natural ao ambiente, manifestam uma notável capacidade de crescimento acelerado, sobretudo quando contrastadas com as plantas cultivadas. Esse domínio é justificado por diversas características que contribuem para a agressividade dessas plantas em relação às cultivadas. Entre tais características, destacam-se sua resistência a diversos tipos de estresses, sejam bióticos ou abióticos, um crescimento rápido e a liberação de compostos alelopáticos. Além disso, suas estratégias reprodutivas são marcantes, conferindo-lhes um desenvolvimento vigoroso, a habilidade de ocupar o solo e uma eficiente propagação de novas gerações. Comumente, essas plantas apresentam uma significativa produção de sementes ou propágulos (Silva *et al.*, 2021).

Por outro lado, em muitas situações, as exigências nutricionais para que uma planta cultivada complete seu ciclo de vida são superiores às das plantas daninhas. Neste momento, a presença dessas plantas causa preocupações adicionais, principalmente devido às dificuldades em seu controle, especialmente frente ao desenvolvimento de resistências aos herbicidas em cultivos geneticamente modificados, como ocorre com as plantas tolerantes ao glyphosate (Albrecht *et al.*, 2021).

## **2.6 *Ipomoea triloba* L.**

Denominada comumente como corda-de-viola, é conhecida popularmente como campainha e pertence a espécie das *Ipomoea spp.* e a família *Convolvulaceae*. Essas plantas podem ser consideradas como plantas ornamentais, devido as suas cores vibrantes e bonitas, assim como infestantes ou daninhas em meio a espécies cultivadas como café, soja, milho, trigo e entre outras culturas. Essa espécie, assim como as outras espécies desse gênero, possui reprodução por sementes, destacando-se pela alta capacidade de produção de sementes por planta, em torno de 50 a 300 sementes (Kissmann; Groth, 1991).

O desafio no manejo da corda-de-viola nas plantações agrícolas é originado por diferentes elementos, tais como sementes que apresentam dormência física, podendo

permanecer viáveis no solo por longos períodos, e o padrão de crescimento entrelaçado, caracterizado por hastes flexíveis (Gianoli, 2003).

A *Ipomoea triloba* L. (também conhecida como *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Don, é uma espécie invasora tropical e subtropical. Essa planta, também conhecida como ipoméia, é uma dicotiledônea de folhas largas e tem causado consideráveis prejuízos em várias culturas, especialmente na soja (*Glycine max* L.) (Holm *et al.*, 1997).

A *Ipomoea triloba* L. é uma espécie trepadeira de grande importância que apresenta desafios significativos em regiões tropicais e subtropicais, especialmente durante os cultivos de verão. Ela é conhecida pelo nome dado às suas folhas, as quais possuem três lóbulos distintos, e suas flores, em forma de funil, que exibem uma tonalidade rosa característica. Essa espécie quando em condições favoráveis, pode emergir de forma repetida ao longo da estação de crescimento, enroscando-se ao redor das plantas cultivadas. Esse comportamento não só resulta em consideráveis perdas de produtividade, mas também torna as operações de colheita mais complexas. Em alguns países, está sujeita a medidas de quarentena devido ao seu potencial invasivo em novas áreas onde é introduzida (İpek; Kitiş, 2023).

## **2.7 *Bidens pilosa* L.**

A denominação *Bidens pilosa* é originária do latim, em que “*Bidens*” significa dois dentes, referindo-se às duas projeções do aquênio, e “*pilosa*”, devido à presença de pelos nas brácteas. A espécie tem como sinonímia: *B. adhaerescens*, *B. alausensis*, *B. chilensis*, *B. hirsuta*, *B. leucantha*, *B. montaubani*, *B. reflexa*, *B. scandicina*, *B. sundaica*, *Coreopsis leucantha* e *Kerneria pilosa* (Ballard, 1986).

Comumente denominado de Picão-preto a espécie *Bidens Pilosa*. pertencente a família Asteraceae, é uma planta daninha e infestante em lavouras e áreas urbanas. É uma planta de ciclo anual, herbácea, ereta, que atinge 40 - 120 cm de altura (Lorenzi, 2006).

O picão-preto é uma planta originária da América Tropical de importância primária, por ser muito prolífera e de ciclo curto, sendo capaz de produzir até três gerações em um período de um ano. Essa espécie tem propagação exclusiva por sementes, com seu nome popular advindo das suas características morfológicas de dispersão com pelos aderentes em uma das extremidades (Vidal; Fleck, 1997; Vidal; Lamego; Nunes, 2005).

Essa espécie é usada na medicina popular, para a obtenção de matéria-prima de fitoterápicos (Kwiecinski, 2008).

## **2.8 *Lactuca sativa* L. – espécie indicadora**

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta de natureza herbácea pertencente à família Asteraceae. As plantas adultas de alface possuem um caule diminuto e não ramificado, ao qual as folhas estão associadas. As raízes, do tipo pivotante, têm a capacidade de atingir até 0,60 m de profundidade em semeadura direta; no entanto, elas exibem ramificações delicadas, finas e curtas, explorando apenas os primeiros 0,25 m do solo (Filgueira, 2000).

A alface é reconhecida como a hortaliça de folhas mais essencial na dieta dos brasileiros, e sua reprodução ocorre por intermédio de sementes (Bertagnolli *et al.*, 2003). Essa espécie apresenta sementes de cor marrom escuro, bastante diminutas. Elas têm uma temperatura ideal para germinação de cerca de 20 °C, e a maioria de suas variedades não germinam em temperaturas acima de 30 °C. Isso ocorre devido à origem da alface, que se encontra em regiões de clima temperado, como o sul da Europa e a Ásia Ocidental (Filgueira, 2003; Nascimento; Pereira 2007).

Nesse contexto a utilização de sementes de alface como espécie modelo em estudos sobre alelopatia são comuns, devido aos aspectos de sensibilidade da espécie *Lactuca Sativa* a determinadas condições ambientais, a rápida germinação de sementes e pela ampla disposição das sementes de alface no mercado (Oliveira *et al.*, 2022).

## **2.9 Aspectos fisiológicos que impactam as sementes**

A germinação de sementes desempenha um papel crucial no ciclo de vida das plantas, representando o ponto de partida para o seu crescimento e desenvolvimento. Esse processo é afetado por uma variedade de fatores fisiológicos, ambientais e genéticos, os quais são determinantes para o êxito da germinação. A compreensão profunda desses mecanismos é de suma importância, contribuindo significativamente para a otimização da produção agrícola e a preservação da biodiversidade (Silverio *et al.*, 2021).

As sementes de culturas cultivadas assim como as daninhas, desempenham um papel de disseminadoras da espécie, o que pode resultar também em danos para as plantações agrícolas quando estão em competição (McGovern, 2015). Nesse contexto, a germinação das sementes representa o estágio inicial da propagação em muitas espécies, e as condições externas do ambiente têm o potencial de influenciar o estabelecimento da planta em seu ambiente natural (Koszo; Rinaldi; Barbedo, 2007). Dessa maneira compostos químicos, quando liberados no meio ambiente têm o potencial de impactar a germinação de sementes, assim como o

crescimento e desenvolvimento das plantas circundantes, ao interferir em diversos mecanismos fisiológicos, tais como fotossíntese, respiração, equilíbrio hídrico (Fanti; Perez, 2004).

Diferentemente da germinação o vigor de uma semente refere-se a um conjunto de características que influenciam sua capacidade potencial de germinação, emergência e desenvolvimento de plântulas normais em condições ambientais adversas (Marcos Filho, 2015). Sementes que possuem elevado vigor, demonstram uma resistência superior a condições atípicas do ambiente, culminando em um crescimento rápido e uniforme das plântulas em campo (May *et al.*, 2011).

São diversas as abordagens disponíveis para a avaliação do vigor das sementes, seja por métodos diretos ou indiretos, envolvendo a análise da viabilidade, do processo germinativo e do desenvolvimento da plântula. Estes procedimentos possibilitam a investigação do estado metabólico das sementes, e ensaios que mensuram o crescimento das plântulas, além de identificar tolerâncias ao estresse (Marcos Filho, 2015). Cada teste de vigor apresenta uma metodologia específica, alguns já consolidados com elevado grau de padronização e repetibilidade, enquanto outros estão em constante evolução e sujeitos a ajustes na pesquisa (Eichelberger, 2016).

Dessa maneira a seleção dos testes adequados está condicionada aos objetivos específicos da análise. Para realizar uma caracterização apropriada dos lotes, é fundamental extrair informações sobre o vigor das sementes por meio da interpretação dos resultados de um conjunto de testes nos quais os princípios estejam estreitamente vinculados aos objetivos desejados (Marcos Filho, 2015).

Portanto, para a correta avaliação de efeitos que afetam a qualidade fisiológica se faz necessário para uma melhor análise da qualidade fisiológica de sementes a realização de testes, como o teste de germinação (Dode *et al.*, 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Agricultura (DAG), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), na cidade de Lavras -MG.

As sementes das espécies daninhas utilizadas, picão-preto (*Bidens pilosa*) e corda-de-violão (*Ipomoea triloba* L.), foram obtidas por coleta manual dentro da Universidade Federal de Lavras, e as sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) foram doadas pelo departamento de olericultura da UFLA. Para a **Determinação do teor de água**, anteriormente ao uso das sementes, se utilizou o método de estufa a 105°C durante 24 horas (Brasil, 2009). Foram colocadas aproximadamente 3 repetições com 25 sementes em cada recipiente para cada tratamento. Os resultados foram expressos em porcentagem.

As cascas de café utilizadas para obtenção dos extratos foram doadas pelo Departamento de Cafeicultura da UFLA, coletadas após o beneficiamento dos grãos, de parcelas experimentais de café arábica safra 2021 e 2022, provenientes da unidade de beneficiamento de grãos de café.

As sementes de plantas daninhas foram armazenadas em câmara fria até o momento de execução dos testes. Antes das sementes serem utilizadas, essas passaram por um processo de desinfestação por meio de imersão das sementes em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 2,5 minutos para a espécie *Ipomoea triloba* L. e *Bidens pilosa* L. e para *Lactuca sativa* L. por 1 minuto. A desinfestação foi realizada para evitar a proliferação dos fungos presentes nas sementes. As sementes foram posteriormente submetidas a diferentes concentrações dos extratos líquidos dos resíduos de casca de café.

As sementes da espécie *Ipomoea triloba* L. por ocasião da coleta apresentaram dormência, resultando em uma germinação de apenas 0,02%. Para superar essa dormência, foi empregado o seguinte procedimento de quebra: as sementes foram acondicionadas em um béquer de vidro e submetidas a água quente (98 °C) por um período de 30 minutos (Azania *et al.*, 2009). Este procedimento assegurou uma germinação de 73%. Após essa intervenção, as sementes tornaram-se adequadas para utilização nos testes subsequentes.

O extrato 1, etanólico, foi obtido pelo método sólido-líquido por refluxo, em que o etanol foi utilizado como solvente. Para a extração foram utilizadas 200 g de casca de café, sendo que estas foram acondicionadas em balões volumétricos de 1000 mL, e adicionado 500 mL de etanol 99,8% para a formar o extrato líquido. A extração ocorreu em uma capela de fluxo laminar por um período de 4 horas em mantas térmicas à temperatura de ebulição do solvente (etanol a 78,37 °C) (Fernandes, 2022).

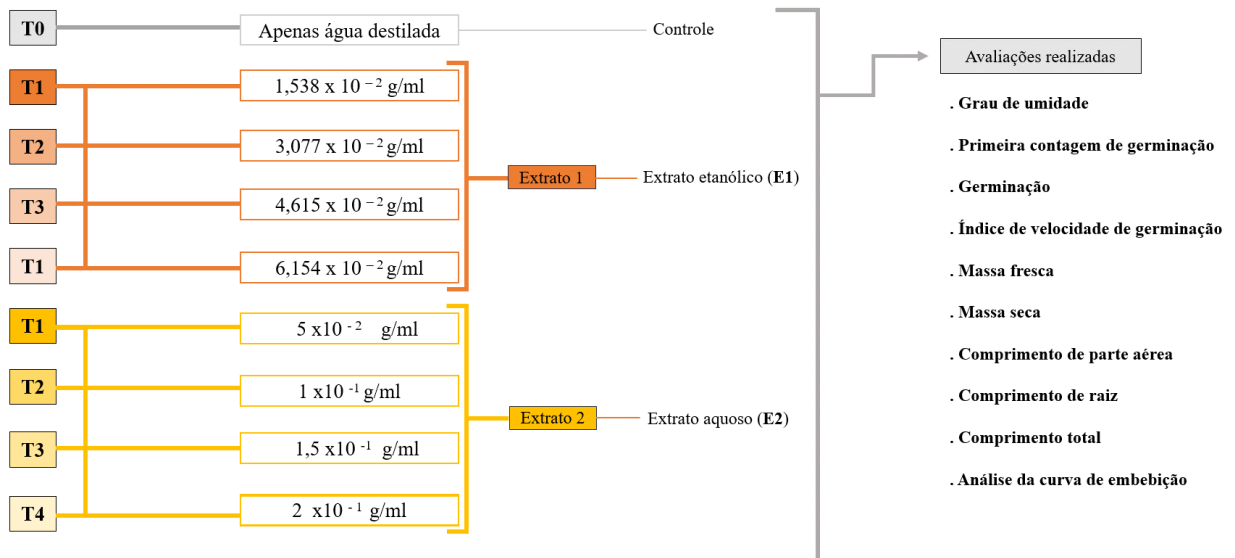
Após o processo de extração, os extratos de casca de café foram filtrados em filtro a vácuo, acondicionados em erlenmeyers e armazenados por 24 horas, em geladeira a 10 °C. Após o armazenamento, os extratos foram rotavaporizados (Rotavapor Buchi R-144). Os extratos puros obtidos, foram acondicionados em cadinhos de porcelana e mantidos em capela de fluxo laminar até evaporação total do solvente. Posteriormente o extrato puro foi acondicionado em vidros hermeticamente fechados e armazenados em freezer a -10 °C, do qual foram obtidos os tratamentos em diferentes concentrações. O extrato 1 (E1) foi utilizado para formar os tratamentos T1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) em que foi adicionado o extrato bruto etanólico diluído em água destilada nas concentrações dos tratamentos.

O extrato 2 (E2), aquoso, foi obtido por meio de submersão das cascas de café em água destilada em temperatura ambiente de 25 °C, por um período de 24h, na proporção referente a cada tratamento. Estes foram definidos como T1 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ) posteriormente a esse período de submersão, os extratos foram filtrados em peneira a fim de utilização nos testes.

O T0, considerado testemunha, foi definido como o tratamento em que se utilizou apenas água destilada.

Cada espécie de semente de planta daninha e da alface, foi testada nas concentrações dos extratos (1 e 2) da casca de café. Para cada espécie, no experimento fatorial de  $(2 \times 4) + 1$  ao todo 9 tratamentos, as avaliações de qualidade de sementes após exposição aos extratos, foi realizada individualmente por espécie, conforme fluxograma a seguir (Figura 1).

**Figura 1** – Fluxograma com as concentrações dos extratos 1 e 2 e os tratamentos as quais foram submetidas as espécies de sementes de picão-preto (*Bidens Pilosa* L.), corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) usado como planta modelo.



Fonte: Da autora (2024).

Na avaliação da qualidade fisiológica, os seguintes testes foram realizados por espécie:

O teste de germinação - G% e a primeira contagem de germinação – PC%: as sementes das espécies *Bidens pilosa* L. (picão preto), *Ipomoea triloba* L. (corda-de-viola) e as sementes de *Lactuca sativa* L. (alface), foram submetidas ao teste de germinação, dispendo por espécie, de 4 repetições de 25 sementes, semeadas em papel do tipo mata borrão 10,5 x 10,5 cm, umedecido com os extratos 1 e 2, na proporção equivalente à 2,5 vezes o peso do papel seco, em sua respectiva concentração de cada tratamento.

Após serem semeadas, as caixas plásticas do tipo gerboxs, foram mantidas em uma câmara B.O.D (*Biological Oxygen Demand*) à temperatura de 25 °C para as sementes de corda-de-viola e picão-preto, já as sementes de alface foram mantidas em outra BOD com temperatura de 20 °C.

A primeira contagem de germinação (PC %), para as sementes de corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.) ocorreu aos 7 dias após a semeadura e a contagem final (G %) foi realizada aos 21 dias. Para as sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e picão-preto (*Bidens pilosa* L.) a primeira contagem (PC %) ocorreu aos 4 dias e a final (G %) aos 7 dias de germinação. Na primeira contagem foram contabilizadas apenas as plântulas normais e na contagem final G % as plântulas normais, anormais e as sementes dormentes e mortas, que foram classificadas pelo teste de tetrazólio, tendo seus resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

Para as sementes de *Bidens Pilosa*. o teste de tetrazólio foi realizado coletando as sementes remanescentes do teste de germinação, essas passaram por um período de 12h de embebição em água destilada, posteriormente foram seccionadas ao meio e mantidas submersas no sal tetrazólio a 0,1% por 24h, em recipientes escuros protegidos da luz, mantidos em BOD na temperatura de 40 °C (Anghinoni *et al.*, 2019).

As sementes de *Ipomoea Triloba L.* passaram por um processo de embebição em água destilada por 2h e posteriormente foram mantidas submersas no sal de tetrazólio (0,5 %) por 24h em recipientes escuros protegidos da luz, mantidos em BOD na temperatura de 25 °C (Álvarez-Martínez *et al.*, 2023). Para a espécie *Lactuca Sativa* passaram por um processo de embebição em água destilada por 18h a 20 °C e posteriormente foram seccionadas e mantidas submersas no sal de tetrazólio (1%) por 3h em recipientes escuros protegidos da luz, mantidos em BOD na temperatura de 30 °C (Brasil, 2009; Ista, 2009). Ao final da embebição em sal de tetrazólio, as sementes das três espécies, foram classificadas em dormentes ou mortas, de acordo com a coloração ou não, de suas partes vitais.

Concomitante ao teste de germinação, foi realizado o **Índice de velocidade de germinação (IVG)**, calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962), a seguir:

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$$

Em que:

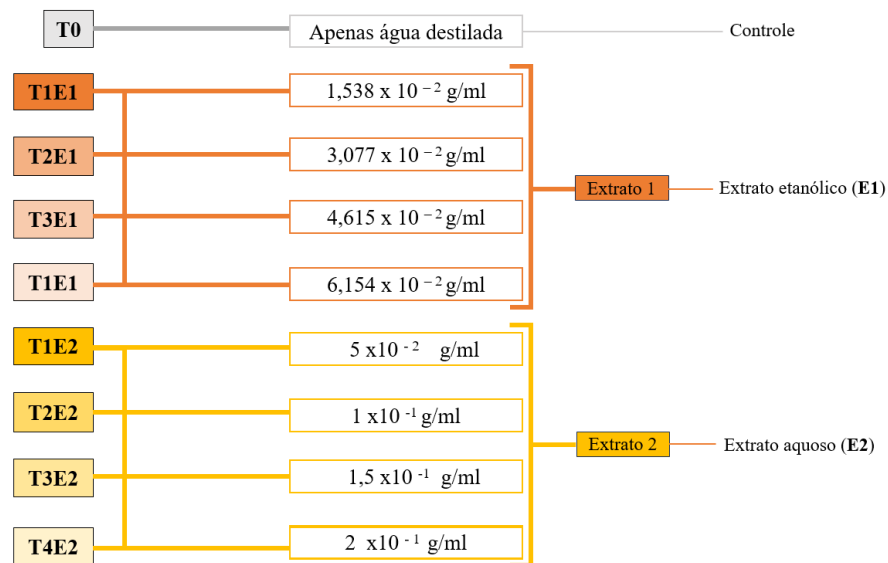
IVG = índice de velocidade de emergência; G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura à 1a, 2a ..., n-ésima avaliação.

Após o teste de germinação com as espécies testadas, as plântulas normais e anormais coletadas foram medidas com o auxílio de uma régua graduada em centímetros (cm) para obtenção dos parâmetros de **comprimento de raiz (CR)**, **comprimento da parte aérea (CPA)** e **o comprimento total (CT)**, realizado nas plântulas normais.

As plântulas inteiras normais, provenientes do teste de germinação de cada tratamento e repetição, foram pesadas em balança analítica de precisão (0,0001g) para obtenção dos valores de **massa fresca (MF)**. Para coleta dos valores de **massa seca (MS)**, as plântulas foram colocadas em sacos de papel e colocadas em uma estufa de circulação de ar forçado por 24 horas a 60 °C até secagem completa para serem pesadas novamente, após esse processo foram obtidos os valores de **massa seca (MS)**.

As sementes de cada espécie testada (*Bidens pilosa L.*, *Ipomoea triloba L.* e *Lactuca sativa L.* como modelo) foram submetidas a um processo de embebição, para caracterização da **curva de embebição** em todos os tratamentos descritos (Figura 2).

**Figura 2** – Tratamentos utilizados na análise da embebição das sementes das espécies submetidas aos extratos 1 e 2.



Fonte: Da autora (2024).

Foram utilizadas três repetições de 25 sementes, colocadas em pequenas placas de petri, contendo duas folhas de papel mata borrão umedecido com 2,5 o peso do papel seco, com a solução de cada tratamento (Figura 1), posteriormente as sementes foram mantidas em uma BOD regulada à temperatura de 25 °C constante para a espécie *Bidens Pilosa* L., *Ipomoea triloba* L. e para *Lactuca sativa* L. a 20 °C, seguindo a mesma metodologia do teste de germinação para as espécies (Brasil, 2009).

Para monitorar a absorção de água pelas sementes, foram efetuadas pesagens ao longo do tempo, de acordo com pré-testes realizados anteriormente, em que as sementes foram observadas até alcançar a protrusão da radicular de 50% + 1. Assim, definiu-se que para a espécie alface, o tempo total de avaliação foi de 30 horas. Para a corda-de-violão o tempo total de avaliação foi de 24 horas e para a espécie picão preto o tempo total de embebição foi maior, sendo de 51 horas. Para cada espécie, e em diferentes intervalos de tempo, até completar o tempo total anteriormente descrito, as sementes foram retiradas das placas de petri, secas com papel toalha para retirar o excesso de substrato e pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g para determinação de sua massa (g). Os resultados foram expressos pelos pesos em gramas que tiveram alteração durante esse período.

Os dados foram submetidos ao teste ESD (Desvio Estudentizado Extremo) para identificação de valores discrepantes e teste de normalidade dos dados verificada por meio do teste de Jarque-Bera. O software SPEED STAT 2.4 (Carvalho *et al.*, 2020) foi utilizado para realizar a análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), regressão e teste Scott-Knott (comparação de

tratamentos), teste de Dunnett (comparação de múltiplos tratamentos com um único controle) e para a geração dos gráficos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes inicialmente apresentaram um grau de umidade de 9,25% na espécie *Ipomoea Triloba* L., e 13,24% na espécie *Bidens Pilosa* L. 8,77% na *Lactuca Sativa* L. A diferença no grau de umidade entre as repetições de cada espécie, não superou 1 ponto percentual, demonstrando, segundo Marcos Filho (2005), uniformidade e consistência dos resultados apurados.

Os resultados provenientes dos testes realizados serão discutidos a seguir, para cada espécie separadamente.

### 4.1 *Bidens pilosa* L.

Das variáveis testadas, a germinação das sementes de *Bidens Pilosa* L. foi a que apresentou maior sensibilidade ao uso dos diferentes extratos e suas concentrações, exibindo diferentes resultados de germinação e crescimento (Tabela 1).

**Tabela 1** – Porcentagem de germinação - G (%), primeira contagem – PC (%), valores médios de plântulas anormais – PA (%), sementes dormentes – DORM., sementes mortas – MORTAS (%), da espécie daninha *Bidens pilosa* L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2).

Tratamentos	PC%		G%		Dorm %		Mortas %		IVG	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
T0 (controle)	27		80		4		11		26	
T1	8 Ba -	44 Aa +	2 Ba -	88 Aa ns	43 Aa +	2 Ba ns	37 Ac +	6 Ba ns	2 Ba -	26 Aa ns
T2	0 Ba -	20 Ab ns	0 Ba -	70 Ab -	39 Aa +	5 Ba ns	50 Ab +	17 Ba ns	0 Ba -	20 Ab -
T3	0 Ba -	9 Ac -	0 Ba -	57 Ac -	34 Aa +	4 Ba ns	66 Aa +	12 Ba ns	0 Ba -	21 Ab -
T4	0 Ba -	4 Ac -	0 Ba -	34 Ad -	25 Ab +	9 Ba ns	75 Aa +	15 Ba ns	0 Ba -	16 Ac -
<b>CV%</b>	51,47		12,86		43,18		26,34		14,12	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As médias não rotuladas com ns (não significativamente) são significativamente diferentes da média controle para mais (+) ou menos (-) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2024).

A testemunha, avaliada apenas com água destilada, demonstrou um elevado padrão de germinação – G% de 80%. Nos demais tratamentos, observam-se comportamentos distintos, com uma significativa redução da qualidade quando utilizado o extrato etanólico. Os tratamentos T1 a T3, com doses decrescentes do extrato etanólico, apresentaram uma redução de 80% em relação à testemunha, inibindo completamente a germinação das sementes da espécie alvo nestes tratamentos.

Os tratamentos provenientes do extrato 2 o T2, T3, T4 foram eficazes para diminuir o potencial germinativo, em comparação com a testemunha, diferindo em até 46% na concentração mais alta do extrato aquoso de casca de café (Tabela 1). Nestes tratamentos, observou-se a deformação das plântulas, ocasionada pela utilização do extrato, como deformação das raízes e necroses.

Esses resultados são semelhantes ao observado em outro estudo realizado com *Cucumis sativus* (espécie indicadora), no qual a germinação de *C. sativus* foi visivelmente afetada pelo aumento da concentração do extrato aquoso da casca de café. Durante o processo germinativo das sementes de *C. sativus*, já a partir da concentração do extrato a 25%, foram observadas tanto a inibição da germinação quanto anomalias do epicótilo e radícula de plântulas, com sintomas intensificados nas concentrações de 50, 75 e 100%. O estudo demonstrou que a aplicação do extrato da casca de café em placas de Petri não inibiu totalmente a germinação nos tratamentos com *C. sativus*. Contudo, houve uma redução na formação de plântulas normais (Saboia *et al.*, 2018).

Dentro ainda dos tratamentos com extrato 2 do T1 ao T4, observa-se que, quanto menor a concentração, maior a promoção da germinação. Ou seja, a sensibilidade das sementes à presença de compostos secundários foi mais evidente em maior concentração de extrato. A diferença entre o maior e o menor valor foi de 55%.

Destaca-se que o T1, entretanto, apresentou a maior porcentagem de germinação quando comparado a todos os demais tratamentos exceto o controle e não diferiu significativamente. Este tratamento consiste na menor concentração ( $5 \times 10^{-2}$  mg mL<sup>-1</sup>) do extrato aquoso e promoveu significativamente o aparecimento de plântulas normais de picão preto ao final de 7 dias, com diferença de 8% em relação à testemunha quando comparado com os tratamentos que utilizaram extrato 1. Tal resultado é concordante ao que foi observado em um bioensaio realizado com extrato aquoso de casca de café para sementes de *Cucumis sativus*, no qual o tratamento com extrato na concentração de 5% também demonstrou um maior índice de germinação, com 91% de sementes germinadas (May *et al.*, 2011).

Isso demonstra o estímulo à germinação induzido por baixas concentrações do extrato aquoso. Entretanto, a ação alelopática de extratos aquosos de plantas pode ser tanto inibitória quanto estimulante ao crescimento de outras plantas (Lorenzi, 2000).

Quanto à diferença dos resultados apresentados do extrato 1 e do extrato 2, seus resultados se assemelham a um estudo realizado com extrato aquoso de *Bidens Pilosa* e *Cyperus rotundus*, no qual foi observado que a taxa de germinação para sementes de feijão comum no tratamento com extrato aquoso foi menor quando utilizado o extrato etanólico. Isso indica que os extratos etanólicos de *C. rotundus* e *B. pilosa*, nas concentrações testadas, prejudicaram a germinação do feijão. Este impacto mais pronunciado na redução da germinação pode ser atribuído à escolha do tipo de extrato e às concentrações utilizadas nos testes (Ferreira *et al.*, 2014).

Como observado por Cruz *et al.* (2000), o método de preparação, a forma de aplicação e a concentração dos produtos são fatores determinantes para obter resultados, pois os princípios ativos vegetais são instáveis e não se distribuem de maneira uniforme na planta. É possível que resíduos de álcool etílico tenham influenciado o metabolismo das sementes, impactando negativamente a germinação (Ferreira *et al.*, 2014). Nesse sentido ao utilizar o álcool etanólico para a preparação do extrato 1, possivelmente este também com seus resíduos afetou a germinação.

As demais variáveis fisiológicas da Tabela 1 apresentaram o mesmo comportamento que a germinação, com a maior porcentagem de plântulas normais no menor tempo (4 dias) no tratamento T1, decrescendo nos tratamentos aquosos de casca de café de maior concentração. A diferença de resposta em comparação à testemunha, para essa variável, foi de 17%.

Em outro experimento com sementes de *Lactuca sativa* L. e de *Bidens pilosa* L. verifica-se que já na primeira contagem da germinação, o extrato bruto de infusão - EBIN de boldo-nacional (*Plectranthus barbatus*) apresentou efeito na obtenção de plântulas normais. Para picão preto (*B. pilosa* L.), na concentração de 25% do EBIN já se observou a redução da PCG - primeira contagem de germinação. O que comprova que o aumento da concentração dos extratos reduziu a porcentagem da PCG linearmente, demonstrando fitotoxicidade (Azambuja; Hoffmann ; Neves, 2010).

Em relação à velocidade de germinação, os tratamentos foram divididos em 4 níveis de qualidade, com variações somente nos tratamentos com extrato aquoso, sendo a maior velocidade observada na menor concentração. Interessante observar que o T4 do extrato 2, em relação à testemunha, não diferiu estatisticamente, demonstrando que a menor concentração de extrato, dada a menor concentração de soluto, foi similar ao uso da água destilada. Segundo

Oliveira *et al.* (2009), o IVG avalia a velocidade de germinação, baseando-se no princípio de que lotes de sementes com maior índice de velocidade de germinação são mais vigorosos e, conseqüentemente, apresentam uma maior porcentagem de germinação.

Assim, o IVG é classificado por Soares *et al.* (2013) como um teste de suma importância na distinção qualitativa entre lotes de sementes. Outro experimento em que o índice de velocidade germinativa foi observado, corrobora com os resultados deste experimento. Em estudo de Pires *et al.* (2010), foi demonstrado que as doses de extrato aquoso de casca de café exercem efeitos negativos acentuados no percentual de germinação, no índice de velocidade de germinação, na contagem final e na quantidade de matéria seca das plântulas, sendo a casca de café um efetivo inibidor no crescimento das plântulas de *Lactuca sativa* L., *Calopogonium mucunoides* e *Stilosanthes capitata*. Outro estudo realizado conduzido com sementes de picão preto apresentou resultados concordantes com os achados deste trabalho. O emprego do extrato de café arábico resultou em uma notável redução no Índice de Velocidade de Germinação (IVG), comparativamente ao grupo de controle. Enquanto o IVG da testemunha foi registrado em 13,1, a aplicação do extrato a 60% resultou em um IVG de 6,3 (Silva, 2005). Esse resultado corrobora à afirmativa de que o impacto alelopático pode influenciar não somente a taxa de germinação, mas também a velocidade e o padrão de distribuição desse processo (Ferreira; Aquila, 2000).

Ainda na Tabela 1, ao final do teste de germinação, observam-se ainda as categorias de plântulas anormais, sementes dormentes e mortas, sendo essas duas últimas, submetidas ao teste de tetrazólio para confirmação. Observou-se que os tratamentos T1 e T2, apresentaram os maiores valores de porcentagem de plântulas anormais em relação aos demais tratamentos, demonstrando que, apesar do estímulo à germinação, os dois extratos aquosos de maior concentração influenciaram o aparecimento de anomalias em plântulas.

O aumento do percentual de plântulas anormais foi observado nos tratamentos do extrato 2 (extrato aquoso) de maior concentração, seguindo um padrão oposto ao G% e ao PC%. Este fenômeno também foi constatado em estudos de alelopatia, nos quais foram registradas anomalias nas plântulas de *C. sativus* submetidas aos extratos aquosos de casca de café. As anomalias na radícula de *C. sativus* se manifestaram através da redução do seu tamanho e interferência na formação, apresentando engrossamento, encurvamento e necrose. Alguns sintomas, como necrose e engrossamento da raiz de *C. sativus*, indicam a formação de plântulas defeituosas, consideradas não normais (May *et al.*, 2011). Por exemplo, Pires e Oliveira (2001), trabalhando com *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., verificaram que aumentando as

concentrações do extrato aquoso desta espécie, maior era o efeito tóxico na germinação de sementes de picão-preto e caruru.

Os efeitos da alelopatia na germinação de *Bidens Pilosa* L., tanto no que diz respeito à inibição quanto ao estímulo do crescimento, podem ser atribuídos aos aleloquímicos presentes nos extratos de casca de café. Em um estudo relacionado aos aspectos fitoquímicos da casca de café, a análise preliminar realizada com o extrato hidroalcoólico da casca de café indicou a presença de alcaloides, aminogrupos, cumarinas, esteroides e glicosídeos flavônicos. O extrato aquoso, por sua vez, revelou a presença de ácidos fixos, aminogrupos, glicosídeos saponínicos e taninos (May *et al.*, 2011), representando as principais classes de substâncias encontradas na casca de café (Leifa; Soccol; Pandey, 2000).

Os taninos, especificamente, podem ser identificados na casca de café em teores que chegam a 1,83% (Barcelos *et al.*, 1997). No que se refere aos alcalóides presentes na casca de café, a cafeína desponta como o mais abundante, podendo ser detectada em concentrações de até 0,86% (Barcelos *et al.*, 1997). Nesse sentido os taninos e alcalóides, são as duas principais classes de aleloquímicos encontradas nas substâncias provenientes do café possivelmente são responsáveis pelos efeitos de necrose e demais aspectos de anomalias causadas nas plântulas, conforme visto no presente trabalho.

Demais estudos utilizando substâncias alelopáticas demonstraram os efeitos promotores e inibidores no crescimento e na germinação de algumas espécies. Um exemplo foi o estudo realizado com o extrato aquoso de gengibre (EAD) de (*Zingiber officinale*). Neste, as espécies receptoras picão preto e alface, foram expostas às mesmas condições, e o extrato levou à diminuição no número de sementes germinadas em comparação com seus respectivos grupos controles. Tal resposta de redução pode ser atribuída à presença de metabólitos secundários, uma vez que pesquisas ao isolarem. Os compostos bioativos de óleos e extratos de *Z. officinale* identificaram concentrações elevadas de compostos fenólicos totais e terpenos (Justo *et al.*, 2008; Liu; Soundararajan; Manivannan, 2019). Tais grupos de metabólitos secundários, entre suas diversas funções na natureza, possuem a capacidade de inibir a germinação ou o crescimento de plantas próximas (Taiz; Zeiger, 2013).

A resposta ao aumento ou redução na germinação está intrinsecamente vinculada ao tipo de extrato utilizado, o qual induz a alelopatia, além da interação específica entre o extrato e as sementes da espécie em avaliação. Essa interação pode se manifestar de maneira favorável à germinação, como evidenciado no experimento realizado com o extrato de folhas frescas de Bamburral (*Hyptis suaveolens* L.) em sementes de pepino (*Cucumis sativus*). Neste estudo, o índice de velocidade de germinação atingiu elevado valor, quando as folhas frescas de *Hyptis*

*suaveolens* (L.) POIT. foram coletadas às 10h, e seu extrato foi aplicado em uma concentração de 100%, sobre as sementes de pepino, espécie indicadora. Em contrapartida, a menor taxa foi observada na ausência de aplicação do extrato aquoso. Essa observação foi corroborada por análises do crescimento da plântula (CP) e do peso da matéria fresca em relação à radícula. Os resultados indicaram que o aumento da concentração do extrato resultou em um incremento na germinação e no vigor das sementes de *C. sativus* (Saboia *et al.*, 2018).

Na Tabela 2, são apresentados os demais dados fisiológicos característicos do crescimento das sementes de *Bidens pilosa* L.

**Tabela 2** – Valores médios do comprimento de raiz de plântulas normais - CR (cm), comprimento da parte aérea de plântulas normais - CPA (cm), comprimento total de plântulas normais – CT (cm), massa fresca de plântulas – MF (g) e massa seca de plântulas – MS (g) da espécie daninha *Bidens pilosa* L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2).

Tratamentos	CT (cm)		CPA (cm)		CR (cm)		MF (g)		MS (g)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
T0 (controle)		4,5969		2,35		2,2444		0,0111		0,011
T1	0,8250 Ba	6,3163 Aa +	0 Ba -	3,2298 Aa +	0,2500 Ba	3,0864 Aa +	0,0017 Ba -	0,2314 Aa -	0,0001 Ba	0,0129 Aa ns
T2	0 Bb -	3,7867 Ab ns	0 Ba -	2,2699 Ab ns	0 Ba -	1,5167 Ab -	0 Ba -	0,1227 Ab +	0 Ba -	0,0090 Ab ns
T3	0 Bb -	1,8328 Ac -	0 Ba -	1,3657 Ac -	0 Ba -	0,4671 Ac -	0 Ba -	0,0786 Ac +	0 Ba -	0,0098 Ab ns
T4	0 Bb -	1,7675 Ac -	0 Ba -	1,3586 Ac -	0 Ba -	0,40883 Ac	0 Ba -	0,0586 Ac +	0 Ba -	0,0063 Ac +
<b>CV%</b>		32,47		18,3		25,36		23,39		32,47

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As médias não rotuladas com ns (não significativamente) são significativamente diferentes da média controle para mais (+) ou menos (-) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2024).

Para as três variáveis de comprimento, destaca-se que as sementes submetidas à menor concentração do extrato 2 exibiram resultados superiores, indicativos de maior vigor. Nesse caso, houve um estímulo ao desenvolvimento de plântulas bem estruturadas, com suas partes aérea e radícula devidamente formadas.

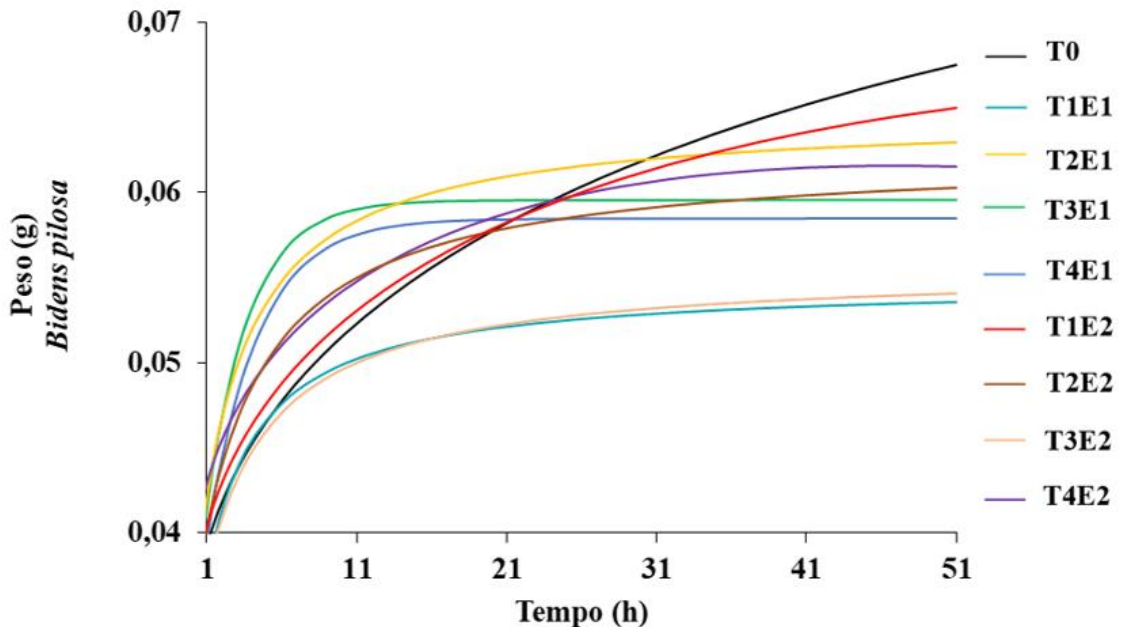
Conforme mencionado anteriormente, as substâncias aleloquímicas produzidas por plantas podem ter efeitos tanto positivos quanto negativos, como observado neste estudo, em que o extrato etanólico, nos tratamentos de T2 a T4 do extrato 1, inibiu completamente a germinação das sementes de picão, enquanto a menor concentração do extrato aquoso promoveu o processo.

Analisando pelo princípio do teste de quantificação da massa seca de plântulas, destaca-se que sementes vigorosas proporcionam uma maior transferência de matéria seca dos tecidos de reserva (endosperma e cotilédones) para o eixo embrionário em crescimento. Isso resulta em plântulas com maior massa, devido ao aumento no acúmulo de matéria seca. Esse fenômeno pode ser observado no tratamento T4, onde a maior quantidade de plântulas normais germinadas, com maior vigor (comprimento), originou plântulas com maior massa seca e fresca (Tabela 2).

Neste contexto, esses resultados corroboram com o observado por Ferreira *et al.* (2014), que evidenciaram a sensibilidade tanto das plântulas de *B. pilosa* L. quanto das de *L. sativa* às mesmas concentrações de EBIN de boldo – nacional (*Plectranthus barbatus*), destacando, mais uma vez, o efeito alelopático de reduzir o vigor nas maiores concentrações.

Em relação à absorção de água ao longo do tempo para sementes de picão-preto na Figura 3 que apresenta as curvas de regressão seguida pela Tabela 3 que detalha as equações de regressão correspondentes. A partir desses resultados, observou-se uma interação significativa entre o tempo e o peso das sementes. As taxas de absorção de água nos diferentes tratamentos foram ajustadas ao modelo de regressão raiz. O teor máximo de absorção foi estimado no tratamento T0, ocorrendo em aproximadamente 51 horas, com um peso de cerca de 0,068 g.

**Figura 3** – Gráfico de embebição (g) pelas sementes de *Bidens pilosa* L., no período de tempo (h), submetidas à embebição em água (controle) em suas respectivas concentrações do extrato 1 e 2 correspondentes aos tratamentos, que são: T0 (apenas água destilada como controle), T1E1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E1 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E1 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4E1 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T1E2 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E2 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4E2 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ).



Fonte: Da autora (2024).

**Tabela 3** – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de *Bidens pilosa* L. (continua).

Tratamentos	Equações/Teste F
T0	$\hat{y} = 0.03288 - 0.000267x + 0.00675x^{0.5}$ $R^2 = 0.9433^{**}$
T1E1	$\hat{y} = 0.03112 + 0.02357x / (2.565 + x)$ $R^2 = 0.9799^{**}$
T2E1	$\hat{y} = 0.03445 + 0.03007x / (2.851 + x)$ $R^2 = 0.9884^{**}$
T3E1	$\hat{y} = 0.03411 + 0.02541[1 - e^{(-0.3502x)}]$ $R^2 = 0.958^{**}$
T4E1	$\hat{y} = 0.0332 + 0.0253[1 - e^{(-0.2982x)}]$ $R^2 = 0.9511^{**}$
T1E2	$\hat{y} = 0.03369 - 0.000383x + 0.00712x^{0.5}$ $R^2 = 0.9661^{**}$
T2E2	$\hat{y} = 0.03499 + 0.02728x / (3.992 + x)$ $R^2 = 0.9706^{**}$

**Tabela 4** – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de *Bidens pilosa* L.(conclusão).

T3E2	$\hat{y} = 0.0326 + 0.02292x / (3.501 + x) \quad R^2 = 0.9689^{**}$
T4E2	$\hat{y} = 0.03611 - 0.000544x + 0.00744x^{0.5} \quad R^2 = 0.9909^{**}$

Fonte: Da autora (2024).

Foi observada de 50 % + 1 das sementes germinadas próxima ao ponto em que se atingiu 41h, anterior a finalização da curva de embebição. O tratamento controle (T0), em relação aos demais, apresentou o maior e mais rápido incremento de peso em gramas nas sementes ao longo do tempo, atingindo um pico de absorção às 21 horas, contínuo até as 51 horas. Com o aumento da concentração dos extratos observou-se uma queda na absorção, mesmo com o comportamento diferente das curvas em cada tratamento.

Dessa maneira, o comportamento de aumento gradativo da absorção em sementes de *Bidens pilosa* L., durante o período pré-germinativo, pode ser entendido como um comportamento padrão, como o que foi apresentado pelo tratamento T0 e apresentado em outro estudo, com sementes de *Bidens pilosa* L. Esse estudo demonstrou a correlação entre a quantidade de água absorvida e a germinação de sementes, em função do período de embebição. Neste o teor de água absorvido pelas sementes aumentou significativamente com o período de embebição, o que pôde ser representado por uma equação de regressão linear. O teor de água, que após seis horas de embebição era de 65,3, atingiu o máximo de 105,3% com 48 horas (Adegas; Voll, 2003).

Os tratamentos T0, T1E1, T4E1, T3E2 e T4E2 exibiram comportamento semelhante de regressão raiz, enquanto T2E1, T3E1 e T1E2 tiveram um comportamento semelhante ao se ajustaram à regressão Mitscherlist, e T2E2 se ajustou a Michaelis-menten.

Em relação ao comportamento de cada tratamento, o T4E1 teve um aumento mais significativo por volta das 5 horas de embebição, mantendo-se com pouco incremento de peso, posteriormente, mantendo-se constante.

O T3E1 apresentou um maior aumento de peso por volta das 5 horas de embebição, mantendo-se constante após as 11 horas, sem aumento de peso. O T2E1 mostrou um maior aumento de peso por volta das 15 horas e continuou a aumentar até às 31 horas, mantendo-se mais constante, sem incrementos significativos de peso posteriormente.

Por outro lado, o T1E1 teve o maior aumento de peso por volta das 11 horas, seguido por um leve aumento. O tratamento T4E2 também teve um maior aumento de peso por volta

das 11 horas e manteve-se constante durante o tempo de embebição. O T3E2 teve um comportamento semelhante ao T1E1, com um pico de aumento de peso às 11 horas.

Enquanto isso, o T2E2 apresentou um aumento uniforme até o final do processo de embebição, e o T1E2 mostrou um aumento de peso durante o processo de embebição até as 51 horas, sendo o que mais se aproximou do T0 em termos de incremento de peso em relação a todos os outros tratamentos (Figura 3).

Conforme os resultados do presente trabalho é possível notar que nos tratamentos submetidos aos extratos 1 e 2 houve uma absorção que apresentou um padrão de estabilização no processo de embebição que representa a fase II de embebição. O aumento da absorção ao final da curva (51h), foi observado apenas na T0 e no T1E2. O que aponta que as sementes embebidas em água apresentaram um ganho de massa maior em relação as demais submetidas aos extratos, uma vez que para completar a germinação é requerida absorção de água adicional para iniciar a fase III da germinação, a qual é sinalizada a partir da protrusão da raiz primária (Bewley; Black, 1994). Entretanto, vale destacar que esse aumento na absorção de água na fase III, ocorreu apenas na testemunha e na menor concentração do extrato 2, como ilustrado no gráfico, em que se observa um ponto inicial de alta absorção de água, seguido por uma estabilização.

Portanto, foi observado que as sementes submersas nas soluções dos extratos não seguem precisamente o padrão trifásico proposto por Bewley e Black (1994), já que a fase III não pode ser observada nos tratamentos com maior concentração. A diminuição da absorção ocorrida no experimento possivelmente tem origem devido a relação de potencial hídrico e osmótico que é afetado pela concentração das partículas dissolvidas (solutos) com isso à medida que a concentração das partículas de soluto aumenta, o potencial hídrico diminui (Raven; Evert; Eichhorn, 2001). A água só se move espontaneamente de uma zona de potencial químico mais elevado para uma zona de potencial químico mais baixo. À medida que a água se move ao longo do gradiente de potencial químico, libera energia livre e este fluxo tem capacidade de realizar trabalho. Disto resulta que a água se desloca sempre de potenciais hídricos menos negativos para os mais negativos (May *et al.*, 2011).

#### **4.2 *Ipomoea triloba* L.**

Nos resultados apresentados, destaca-se que a germinação (G%) das sementes de corda-de-viola (*Ipomoea triloba* L.) exibiu os menores valores ao serem submetidas aos extratos em relação ao controle. Essa sensibilidade às diferentes concentrações dos extratos resultou em diferentes taxas de germinação, conforme detalhado na Tabela 4.

**Tabela 5** – Porcentagem de germinação – G (%), primeira contagem – PC (%), Valores médios de plântulas anormais – PA (%), sementes dormentes – DORM., sementes mortas – MORTAS (%), da espécie daninha *Ipomoea triloba* L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2).

Tratamentos	PC%		G%		PA%		Dorm %		Mortas %		IVG	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
T0 (controle)	66		73		4		1		19		49	
T1	0Ba -	62Aa ns	8 Ba -	80Aa ns	79 Aa +	13Bc ns	0Aa ns	0Aa ns	12Aa ns	6Aa ns	47Ba ns	60Aa +
T2	0Ba -	43Ab ns	0Ba -	54Ab ns	88Aa +	36Bb +	0Aa ns	0Aa ns	6Aa ns	10Aa ns	41Ba ns	58Aa ns
T3	0Ba -	20Ac -	0Ba -	28Ac -	62Ab +	63Aa +	0Aa ns	0Aa ns	7Aa ns	8Aa ns	33Bb -	56Aa ns
T4	0Ba -	0Ad -	1Aa -	3Ad -	50Bb +	80Aa +	0Aa ns	0Aa ns	16Aa ns	8Aa ns	22Bc -	55Aa ns
<b>CV%</b>	56,05		37,6		24,15		60		69,22		10,85	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As médias não rotuladas com ns (não significativamente) são significativamente diferentes da média controle para mais (+) ou menos (-) pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2024).

A testemunha T0, a qual as sementes foram submetidas apenas a água destilada, apresentou a maior porcentagem de germinação de 73% e o T1, a concentração mais baixa de extrato 2 se manteve a mais próxima à testemunha, com pouca sensibilidade ao uso do extrato nesta concentração. Nos demais tratamentos, observam-se comportamentos diferentes, com significativa redução da qualidade, quando utilizado o extrato etanólico (Tabela 4).

Os tratamentos provenientes do extrato 1, T1 ao T4 com as doses decrescentes, apresentaram uma drástica redução da germinação em relação a T0 (testemunha) de aproximadamente 65%, causando a inibição completa da germinação no T2 e T3. Em outros estudos utilizando plantas daninhas como alvo de alelopatia e o extrato de leucena, obteve-se resultados concordantes com presente estudo em que o uso das

concentrações crescentes do extrato de leucena, provocou a diminuição na germinação, assim como no comprimento das plântulas das plantas daninhas. A germinação e o comprimento das plantas daninhas (desmódio, caruru e picão-preto), neste estudo, não sofreram influência do extrato de leucena na concentração de 12,5%, sendo que a partir desse ponto, com o aumento do extrato, o mesmo passou a interferir no desenvolvimento das plantas (Pires; Oliveira, 2001).

Segundo Jacobi e Ferreira (1991), do ponto de vista ecológico, a inibição do crescimento das plântulas após a germinação é um mecanismo de seleção mais eficiente do que impedir a germinação da planta daninha, pois resulta na eliminação da descendência. Diferentemente dos resultados observados com o efeito do extrato 2, o extrato 1 inibiu a germinação nos tratamentos T2 e T3, ao invés de causar interferência durante o crescimento, como ocorreu nos demais tratamentos (exceto no T0), que tiveram apenas a redução da taxa de germinação.

Em relação às concentrações dos tratamentos do extrato 2, observa-se que quanto maior a concentração há redução da germinação, neste sentido, o teste de germinação, demonstrou que as sementes se encontram mais suscetíveis à presença de aleloquímicos em altas concentrações (Tabela 4). As sementes de corda-de-viola submetidas em ambos os extratos, portanto, tiveram reduções drásticas do seu potencial germinativo.

Existem aspectos que são responsáveis pela diminuição da germinação, como observada em trabalho com extratos hidroalcoólicos de *Annona crassiflora* em sementes de *Brachiaria brizantha*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, neste experimento houve diferenças significativas no desenvolvimento da raiz de *B. brizantha* e *Ipomoea grandifolia* com a utilização de extratos provenientes de folhas de *Annona crassiflora*. O hipocótilo foi afetado pelo extrato apenas nas concentrações de 2% e 4%, sendo *I. grandifolia* a planta receptora (Inoue, 2008). Isso mostra que a atividade biológica de um aleloquímico é dependente de dois fatores: concentração e o limite de resposta da espécie afetada (Farooq *et al.*, 2020).

Outra variável fisiológica registrada na Tabela 4 é a primeira contagem de germinação (PC%), que contabiliza o número de plântulas normais após 7 dias de semeadura. A PC% revelou-se em quatro níveis distintos. Diferentemente da porcentagem de germinação, essa variável demonstrou um comportamento distinto ao exibir os maiores valores no T1 e T2 do extrato 2 em comparação com todos os outros tratamentos. Nos tratamentos T3 e T4 do extrato 2, nos quais o número de plântulas normais foi contabilizado, houve uma diminuição em relação aos valores mais elevados de porcentagem de plântulas normais obtidos na primeira contagem da germinação, observados em T1 e T2 do extrato 2.

No T1 do extrato 2, observou-se uma diferença de resposta de 66% em relação ao T0 para essa variável. A análise revela que somente os tratamentos com o extrato 2 apresentaram

uma PC% após 7 dias de semeadura, sendo que o número de plântulas contabilizadas diminuiu à medida que as concentrações nos tratamentos aumentaram. Contrariamente, os tratamentos com o extrato 1 não demonstraram valores significativos para PC% (Tabela 4).

No que se refere ao Índice de Velocidade de Germinação (IVG), os tratamentos exibiram diferentes resultados. Notadamente, os tratamentos com o extrato 2, do T1 ao T4, destacaram-se ao promover uma velocidade de germinação superior, sendo superiores inclusive quando comparados à testemunha. Já os tratamentos provenientes do extrato 1 demonstraram diferentes níveis entre si, sendo que o T1, composto pela menor concentração, foi semelhante à testemunha (T0) com água destilada. Entre os tratamentos com extrato 1, observou-se uma diminuição na velocidade de germinação entre si, sendo que o T1 apresentou um IVG superior em relação ao T4.

Interessante observar que os tratamentos do extrato 2, promoveram o aumento do IVG, entretanto, o aumento não foi superior à testemunha, não diferindo estatisticamente, o que demonstra que não houve benefício quanto ao aumento de IVG, na utilização do extrato para as sementes dessa espécie (Tabela 4). Esses resultados concordam com outro estudo em que foram utilizadas sementes de *B.brizantha* submetidas aos extrato hidroalcoólicos de *Annona crassiflora*, somente nas concentrações mais elevadas para extratos de folhas e ramos, é que as substâncias alelopáticas estavam em quantidade suficiente para inibir a germinação de *B.brizantha* (Inoue *et al.*, 2008). O que corrobora com os resultados de IVG que se apresentam mais expressivos com o aumento da concentração extrato.

Ainda na Tabela 4, ao final do teste de germinação foram coletadas as variáveis quanto ao número de plântulas anormais, os tratamentos do T2 do extrato1 ao T2 do extrato2, os tratamentos que apresentaram maior percentagem de plântulas anormais. Tal resultado demonstrou um aumento no número de plântulas anormais, com o aumento das concentrações do extrato 2 e nas concentrações mais baixas do extrato 1 que não inibiu a germinação. Tal aspecto demonstra que o extrato 2 e 1 afetou a formação de plântulas normais causando má formação das estruturas essenciais ao final do teste de germinação.

Ao final do teste também foram coletadas as porcentagens de sementes mortas e dormentes, determinadas através do teste de tetrazólio. Não foi constatado número de sementes dormentes para essa espécie, enquanto o número de sementes mortas foi expressivo em todos os tratamentos, sem diferença estatística entre si (Tabela 4).

A Tabela 5 apresenta os demais dados fisiológicos, relacionados ao crescimento das plântulas. Observou-se que, no caso das sementes de corda-de-viola, os maiores comprimentos foram registrados nas menores concentrações do extrato 2 e na testemunha. Esse padrão foi

observado tanto para o comprimento da raiz das plântulas normais (CR) no T0 quanto nos tratamentos do T1 ao T2 do extrato 2.

Com o aumento da concentração do extrato 2, houve uma redução nos comprimentos de raiz no T4, foi seguido por reduções nos tratamentos do extrato 1, diminuindo do T1 para o T4. O comprimento total das plântulas normais (CT) seguiu um padrão semelhante, com os maiores valores nos tratamentos T0 e T1 e T2 do extrato 2, e uma diminuição à medida que as concentrações do extrato 2 e 1 aumentavam. Esse aspecto demonstra que o efeito dos extratos causou problemas durante o crescimento das plântulas normais. O comprimento da parte aérea (CPA) apresentou um comportamento distinto, registrando os maiores valores no T0 e T3 do extrato 2, sem observar uma diminuição nos comprimentos. No entanto, os menores valores foram encontrados nos tratamentos provenientes do extrato 1 (Tabela 5).

**Tabela 6** – Valores médios do comprimento de raiz de plântulas normais – CR (cm), comprimento da parte aérea de plântulas normais – CPA (cm), comprimento total de plântulas normais – CT (cm), massa fresca de plântulas – MF (g) e massa seca de plântulas – MS (g) da espécie daninha *Ipomoea triloba* L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2).

Tratamentos	CT (cm)		CPA (cm)		CR (cm)		MF (g)		MS (g)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
T0 (controle)	11,86		5,96		5,89		1,21		0,098	
T1	5,62Ba -	9,42Aa ns	3,45Ba -	5,96Aa ns	2,17Ba -	4,98Aa ns	0,77Ba -	1,38 Aa -	0,10Aa ns	0,12Aa ns
T2	2,80Bb -	10,27Aa ns	2,80Ba -	4,44Ab ns	0Bb -	4,33Aa ns	0,64Aa ns	0,97Ab -	0,08Ba ns	0,12Aa ns
T3	2,39Bb -	6,47Ab -	2,39Ba -	5,93Aa ns	0Bb -	3,42Ab -	0,49Aa ns	0,79Ab -	0,07Bb ns	0,10Ab ns
T4	2,64Ab -	4,82Ab -	2,26Aa -	3,05Ac -	0,37Ab -	2,08Ab -	0,37A ns	0,68Ab -	0,07Bb -	0,09Ab ns
<b>CV%</b>	27,1		21,13		46,6		32,71		15,6	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As médias não rotuladas com ns (não significativamente) são significativamente diferentes da média controle para mais (+) ou menos (-) pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2024).

O comprimento de plântulas são aspectos característicos de maior vigor, o que demonstra uma melhora para o desenvolvimento de plântulas e na formação de seus componentes essenciais para a sobrevivência. Os efeitos alelopáticos como ressaltado em outras partes do trabalho pode causar diferentes efeitos, para as sementes de *Ipomoea triloba* L. submetidas ao extrato 1, em seus tratamentos mais concentrados esses foram afetados quanto ao desenvolvimento de suas estruturas e teve a inibição completa da germinação nos tratamentos do 2 e 3, o extrato 2 apresentou resposta semelhante com o aumento da sua concentração nos demais tratamentos (Tabela 5).

Os resultados de massa seca (MS) das plântulas, foram semelhantes aos de comprimento, apresentando os maiores valores em gramas, na testemunha e nos tratamentos de menor concentração do extrato 2. A MF apresentou apenas 2 níveis, não apresentando uma clara diminuição do peso com o aumento das concentrações. Os resultados de MS por sua vez foram mais sensíveis os menores valores de MS nas maiores concentrações do extrato 2 e 1.

Esses resultados, demonstram que há uma diferença entre a resposta de cada espécie testada, mesmo que utilizando o mesmo extrato, Souza Filho, Rodrigues e Rodrigues (1997), observaram que o extrato de leucena apresentou um potencial alelopático sobre algumas espécies de plantas, daninhas, mas, que este potencial varia de acordo com a espécie de planta receptora do extrato.

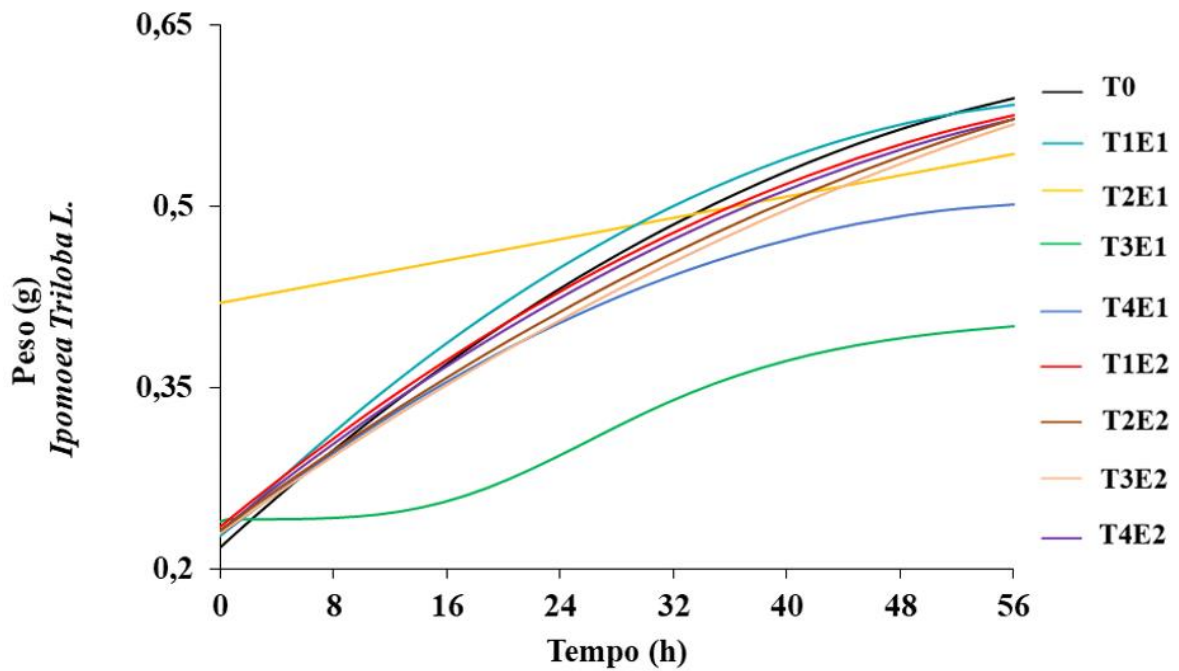
Na literatura há uma gama de trabalhos relacionados a alelopatia de plantas, que carece de estudos bem aprofundados para entender a interação dos aleloquímicos com as plantas e como as espécies se comportam submetidas a esses, assim também como qual a dosagem ideal a ser utilizada para promover ou diminuir a germinação.

Observou-se que neste trabalho que as maiores concentrações tendem a atuar inibindo ou atrasando o início da germinação (Rizzardi *et al.*, 2008; Azambuja; Hoffmann ; Neves, 2010), ou mesmo tornando as sementes inviáveis (Petersen *et al.*, 2001) devido a ação dos aleloquímicos que interferem tanto no metabolismo da germinação (Bewley; Black, 1994) quanto no desenvolvimento inicial da plântula (Rizzardi *et al.*, 2008).

A correlação entre o aumento de peso no período de tempo como apresentado na Figura 4 seguida pela Tabela 6 de equações da regressão, para a espécie *Ipomoea triloba* L., esta apresentou comportamento diferente de acordo com a espécie avaliada e os tratamentos a qual foi submetida. Diante dos comportamentos dos tratamentos, o T0 somente com água destilada, dentre todos os demais tratamentos foi que alcançou maior incremento em peso durante o processo de absorção. O T1E1 este apresentou um aumento em peso até ao final do tempo, com o último tempo sendo o de maior peso, o T2E1, entretanto foi inferior em aumento de peso e

apresentou um aumento ao longo do tempo a partir das 16 h de absorção que aumentou até o último ponto.

**Figura 4** – Gráfico de embebição (g) pelas sementes de *Ipomoea triloba* L. submetidas à embebição em água (controle) e as demais em suas respectivas concentrações do extrato 1 e 2 correspondentes aos tratamentos, sendo o: T0 (apenas água destilada como controle), T1E1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E1 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E1 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4E1 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T1E2 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E2 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4E2 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ).



Fonte: Da autora (2024).

**Tabela 7** - Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de *Ipomoea triloba* L. (continua).

Tratamentos	Equações/Teste F
T0	$\hat{y} = 0.2175 + 0.01065x - 0.000072x^2 \quad R^2 = 0.9912^{**}$
T1E1	$\hat{y} = 0.2272 + 0.01142x - 0.00009x^2 \quad R^2 = 0.9973^{**}$
T2E1	$\hat{y} = 0.4203 + 0.0022x \quad R^2 = 0.8831^{**}$
T3E1	$\hat{y} = 0.2415 + 0.1737 / [1 + (x/29.83)^{-3.805}] \quad R^2 = 0.9859^{**}$
T4E1	$\hat{y} = 0.2271 + 0.00921x - 0.000077x^2 \quad R^2 = 0.9946^{**}$
T1E2	$\hat{y} = 0.2346 + 0.00964x - 0.000064x^2 \quad R^2 = 0.9966^{**}$

**Tabela 8** - Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de *Ipomoea triloba* L. (conclusão).

T2E2	$\hat{y} = 0.2318 + 0.00865x - 0.000046x^2$ $R^2 = 0.9959^{**}$
T3E2	$\hat{y} = 0.2289 + 0.00835x - 0.000041x^2$ $R^2 = 0.9908^{**}$
T4E2	$\hat{y} = 0.231 + 0.00951x - 0.000061x^2$ $R^2 = 0.9873^{**}$

Fonte: Da autora (2024).

O T3E1 registrou o maior aumento de peso ao final das 56 horas. O T4E1 mostrou um incremento de peso ao longo de todo o período de absorção. Os tratamentos T1E2, T2E2, T3E2 e T4E2 apresentaram um aumento de peso constante, atingindo o peso máximo no final do período de embebição. Analisando o comportamento de embebição dos tratamentos, os resultados para os tratamentos relacionados ao extrato 2 foram semelhantes ao T0, com um peso máximo próximo ao ponto final, sendo superior aos tratamentos relacionados ao extrato 1. O T1E1, sendo a menor concentração do extrato 1, mostrou um comportamento semelhante aos tratamentos do extrato 2.

Os valores de peso para T2E1, T3E1 e T4E1 ao final da curva foram inferiores, sendo que o T2E1 apresentou o menor peso de absorção. Os resultados da curva de embebição seguem diferente do trifásico proposto por Bewley e Black (1994), com fase I de embebição ocorreu dentro desde as primeiras 2h permitindo um aumento progressivo na taxa inicial de embebição. A fase I é caracterizada por um processo físico de rápida transferência de água do substrato para a semente, resultante da marcada diferença entre os potenciais hídricos (Marcos Filho, 2005).

Após esse período inicial, segue uma estabilização no ganho de massa, indicada pela absorção mais lenta de água, comumente associada à fase II. Todavia nesse experimento, mesmo na testemunha houve aumento de peso contínuo. E na fase III na qual ocorreu a protrusão às 48h, houve um aumento rápido na umidade devido à demanda hídrica das novas células da plântula em formação. Todavia, o aumento da umidade seguiu uniformemente até o último ponto.

O padrão de embebição observado está intrinsecamente ligado à espécie em estudo, uma vez que essa espécie demonstra uma notável absorção de água ou solução para alcançar a fase de germinação.

### 4.3 *Lactuca sativa* L. – Espécie indicadora

A germinação das sementes de *Lactuca sativa* L., apresentou diferença quanto a porcentagem de germinação com o uso dos diferentes extratos e suas concentrações, formando três diferentes níveis quanto a porcentagem de germinação (Tabela 7). Os tratamentos referentes ao extrato 1 apresentaram o maior efeito, causando a inibição completa de germinação do T1 ao T4, sendo inferiores em mais de 60% em relação ao controle tratada apenas com água destilada.

**Tabela 9** – Porcentagem de germinação – G (%), primeira contagem – PC (%), plântulas anormais – PA (%), sementes dormentes – DORM. (%), sementes mortas – MORTAS (%), da espécie *Lactuca sativa* L. submetidas aos tratamentos: T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2).

Tratamentos	PC%		G%		PA%		Dorm %		Mortas		IVG	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
T0 (controle)	58		72		7		4		17		28	
T1	0Aa -	0Ab -	0Aa -	0Ab -	55 Aa +	1Bb -	14Ab ns	9Aa ns	17Aa ns	9Aa ns	16Ba -	37Aab +
T2	0Aa -	0Ab -	0Aa -	48Aa ns	0Ab ns	3Ab ns	23Ab +	10Ba ns	23Aa ns	10Aa ns	0Bb -	32Aa ns
T3	0Aa -	4Aa -	0Aa -	58Aa ns	0Bb ns	14Ab +	76Aa +	15Ba ns	19Aa ns	15Aa ns	0Bb -	23Ab ns
T4	0Aa -	0Ab -	0Aa -	48Aa ns	0Bb ns	34Aa +	86Aa +	11Ba ns	14Aa ns	11Aa ns	0Bb -	22Ab ns
<b>CV%</b>	29,57		49,72		27,2		28		60,02		36,63	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As médias não rotuladas com ns (não significativamente) são significativamente diferentes da média controle para mais (+) ou menos (-) pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2024).

Nos demais tratamentos referentes ao extrato 2 houve o decréscimo do potencial de germinação com o aumento da concentração do extrato, com uma variação do T4 ( $2 \times 10^{-1}$ ) menor concentração para o T1 ( $5 \times 10^{-2}$  mg mL<sup>-1</sup>) maior concentração mais de 30% (Tabela7).

Assim como as sementes de *Lactuca sativa* L. são utilizadas como espécie indicadora devido a sua rápida resposta e sensibilidade quanto aos efeitos alelopáticos a espécie *Cucumis sativus* (pepino) também é utilizada, os resultados quanto a germinação quando as sementes foram submetidas as concentrações do extrato 2 de casca de café, concordam, com o que foi observado neste experimento. Nesse estudo a germinação de *C. sativus* foi visivelmente afetada pelo aumento da concentração do extrato aquoso da casca de café, sendo que aplicação do extrato da casca de café em placas de Petri não inibiu totalmente a germinação nos tratamentos com *C. sativus*, contudo, houve redução de formação de plântulas normais (May *et al.*, 2011).

Semelhante o que foi observado nos resultados da espécie *Bidens pilosa* L. diante dos resultados, observa-se que quanto menor a concentração do extrato, maior chance de que este não afete a germinação ou até mesmo possa promover. A utilização do extrato de café, depende também da interação do mesmo com o meio em que foi colocado, outro experimento quanto a emergência de sementes de *Amaranthus viridis* submetidas a extrato de casca de café, seu índice de velocidade de emergência resultou o contrário com a velocidade de emergência das plantas aumentando à medida que a concentração do extrato de casca de café aumentou, ou seja, houve um acréscimo médio de 0,03508 no IVE para cada unidade de aumento na concentração do extrato (Santos *et al.*, 2002).

As concentrações do extrato 1, apresentaram o maior efeito alelopático nas sementes da espécie *Lactuca sativa* L., ocasionando em uma completa inibição da germinação, nas sementes submetidas às concentrações do extrato 1 do T1 ao T4. O impacto mais pronunciado do extrato 1, na inibição da germinação está associado à maior concentração de compostos químicos presentes nesse tipo de extrato. Em uma investigação sobre a composição do extrato etanólico da casca de *Coffea* L., foram identificados os seguintes componentes químicos: fenóis e taninos condensados, flavonas, flavonóis, xantonas, catequinas (taninos catéquicos), saponinas e alcaloides (reagente de Mayer).

Analisando o extrato etanólico do grão verde recém-despolpado, foram encontrados fenóis e taninos condensados, flavonas, flavonóis, xantonas, catequinas (taninos catéquicos), triterpenoides pentacíclicos livres, saponinas e alcaloides (reagente de Mayer). Já no extrato etanólico do grão verde seco, foram identificados fenóis, taninos condensados, flavanonas, flavonóis, xantonas, triterpenoides pentacíclicos livres, alcaloides (reagente de Mayer e Dragendorff) (Teles; Liberato, 2021).

Ao longo dos testes, foi observado que a presença de alcalóides e fenóis nas amostras aumenta, resultando em uma maior formação de precipitados. Os fenóis, pertencentes à classe de metabolitos secundários, são numerosos e variados, sendo amplamente reconhecidos nas

plantas. Esses compostos desempenham papéis importantes, como o desenvolvimento de resistência contra fungos, a redução da germinação das sementes, e atuam na defesa das plantas. Além disso, os fenóis exibem atividades antioxidantes, antibacterianas, antivirais e são considerados analgésicos (Carvalho *et al.*, 2010).

Na tabela 7, outra variável fisiológica presente na tabela é a porcentagem de primeira contagem de germinação – PC% aos 4 dias que teve um comportamento semelhante a germinação, com maiores porcentagens de primeira contagem no T0 (testemunha) e nos tratamentos do extrato 2 de menores concentrações, T1 e no T2. O que demonstra a eficácia dos extratos em afetarem aspectos de vigor das sementes de alface submetidas aos tratamentos, com porcentagem de germinação aumentando inversamente ao aumento da concentração dos extratos. Em contrapartida é o que foi observado em um teste com extrato aquoso em que a porcentagem de germinação (PG) de *Lactuca sativa* não foi alterada pelas concentrações dos extratos, comparados ao controle (Borella; Tur ; Pastorini, 2010).

Em outro estudo alelopático, utilizando extrato de *Plectranthus barbatus*, na primeira contagem da germinação verifica-se que os efeitos do EBIN de *Plectranthus barbatus* para *L. sativa* com o aumento da concentração dos extratos reduziu a porcentagem da PCG linearmente, demonstrando a fitotoxicidade (Azambuja; Hoffmann ; Neves, 2010). Em concordância com esses resultados, outros extratos de plantas medicinais, como *Bauhinia candicans Benth* – *Caesalpinaceae* e *Luehea divaricata Mart. Et Zucc* – *Tiliaceae* também reduziram a G e a PCG de sementes de *L. sativa*, demonstrando seus efeitos potencialmente alelopáticos (Rodrigues *et al.*, 2009). Nesse contexto, devido a especificidade da relação dos extratos com as sementes é necessário que sejam realizados mais estudos quanto a relação dos aleloquímicos presentes e como afetam os processos fisiológicos nas sementes.

Ao final do teste de germinação foram coletadas as variáveis de plântulas anormais, sementes dormentes e sementes mortas. Os resultados quanto a PA% se apresenta-se como o inverso das ligadas a germinação, com maior porcentagem de plântulas anormais progredindo com o aumento das concentrações do extrato aquosos, os quais apresentaram valores de percentuais de PA. Os resultados da espécie quanto a porcentagem de sementes dormentes também foi semelhante, com maiores valores percentuais apresentados nas maiores concentrações do extrato 1, já nesses tratamentos a germinação de sementes foi totalmente inibida, incorrendo em menores valores quanto menor fossem as concentrações dos extratos. Quanto aos percentuais de sementes mortas se apresentou igual, mesmo que em diferentes concentrações dos extratos avaliados (Tabela 7).

Os resultados quanto ao índice de velocidade de germinação IVG, ainda na Tabela 7 tiveram um comportamento semelhante ao de germinação. Apresentando maiores valores de IVG na testemunha e nos tratamentos provenientes do extrato aquoso de menor concentração.

Tal aspecto demonstra a ação alelopática dos extratos em reduzir a velocidade de germinação das sementes submetidas aos tratamentos, sendo os tratamentos provenientes do extrato 1 do T1 ao T4, aqueles que apresentam o maior efeito sobre as sementes. Diante desses resultados, os resultados concordam com o observado na utilização de outro extrato com potencial alelopático, o extrato aquoso de Gengibre (EAD) de *Zingiber officinale* neste a germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Lactuca sativa* foram inibidos à medida que as concentrações do extrato Aquoso de Gengibre (EAD) de *Zingiber officinale* aumentaram. Esse efeito inibitório na germinação e/ou IVG de *L. sativa* em relação às concentrações também foi identificado em outra pesquisa que exploraram o potencial fitotóxico de extratos aquosos de *Mikania laevigata* (Santos; Gonçalves, 2020).

Segundo Borghetti e Ferreira (2004), quanto maior o índice de velocidade de Germinação maior é o vigor das sementes, o que não foi observado nesse experimento, quando testados os extratos de casca de café (1 e 2) pois estes atuaram diminuindo o vigor das sementes de alface.

A tabela 8, por sua vez apresentou valores em centímetros quanto ao comprimento e os valores de massa das plântulas que são característicos de vigor. Os comprimentos de raízes apresentaram resultados que com o que foi observado na germinação com valores de comprimento de raiz sendo superiores aos demais na testemunha, nos tratamentos do extrato aquoso nas concentrações mais baixas, o que demonstra a ação mais evidente do extrato nos tratamentos com maior concentração, causando dificuldade no crescimento de raízes e parte aérea e no comprimento total como um todo (Tabela 8).

Da mesma maneira, Hoffmann *et al.* (2007) constataram que a ação de soluções aquosas contendo extratos de folhas de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott reduziu o comprimento da raiz de *Lactuca sativa* L. e *Bidens pilosa* L. As plântulas dessas espécies foram tratadas com concentrações variadas (0, 25, 50, 75 e 100%) desses extratos. O comprimento da parte aérea e das raízes de *Bidens pilosa* L. (A) e *Lactuca sativa* L. (B) foi afetado por essa intervenção. O desenvolvimento da parte aérea e das raízes está atrelado às divisões celulares, à formação do câmbio e dos vasos xilemáticos, sendo essas estruturas dependentes da distribuição eficaz de nutrientes pela plântula. Se, no contexto do estudo em questão, os extratos aquosos utilizados resultaram na diminuição da parte aérea, presume-se que tenham afetado diretamente alguma dessas estruturas mencionadas.

Essa suposição é baseada no citronelol, um composto derivado da casca de Citrus, que, conforme evidenciado por Gusman, Pitelli e Dias (1994) demonstrou o potencial lesivo ao provocar alterações nas estruturas ontogenéticas das plântulas de amendoim-bravo. Especificamente, houve uma redução significativa na largura do câmbio vascular e no diâmetro do xilema, resultando na diminuição da parte aérea.

Os valores em gramas quanto a massa de plântulas frescas e secas também obteve resultados semelhantes aos de comprimento, apresentando os maiores valores de massa na testemunha tratada apenas com água destilada e nas concentrações mais baixas do extrato aquoso. Esses resultados de comprimento e massa (fresca e seca) corroboram com as demais variáveis fisiológicas citadas na tabela 8, demonstrando o potencial do extrato 1 e do extrato 2 em menor proporção, em causar diminuição do vigor das sementes.

**Tabela 10** – Valores médios do comprimento de raiz – CR, Comprimento de parte aérea – CPA, comprimento total – CT, Massa fresca – MF, massa seca – MS da espécie *Lactuca sativa* L., submetidas aos tratamentos: : T0 (apenas água destilada como controle), T1 ( $1,538 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $3,077 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $4,615 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) e T4 ( $6,154 \times 10^{-2}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 1 (E1). E o T1 ( $5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T2 ( $1 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T3 ( $1,5 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>), T4 ( $2 \times 10^{-1}$  g mL<sup>-1</sup>) do extrato 2 (E2).

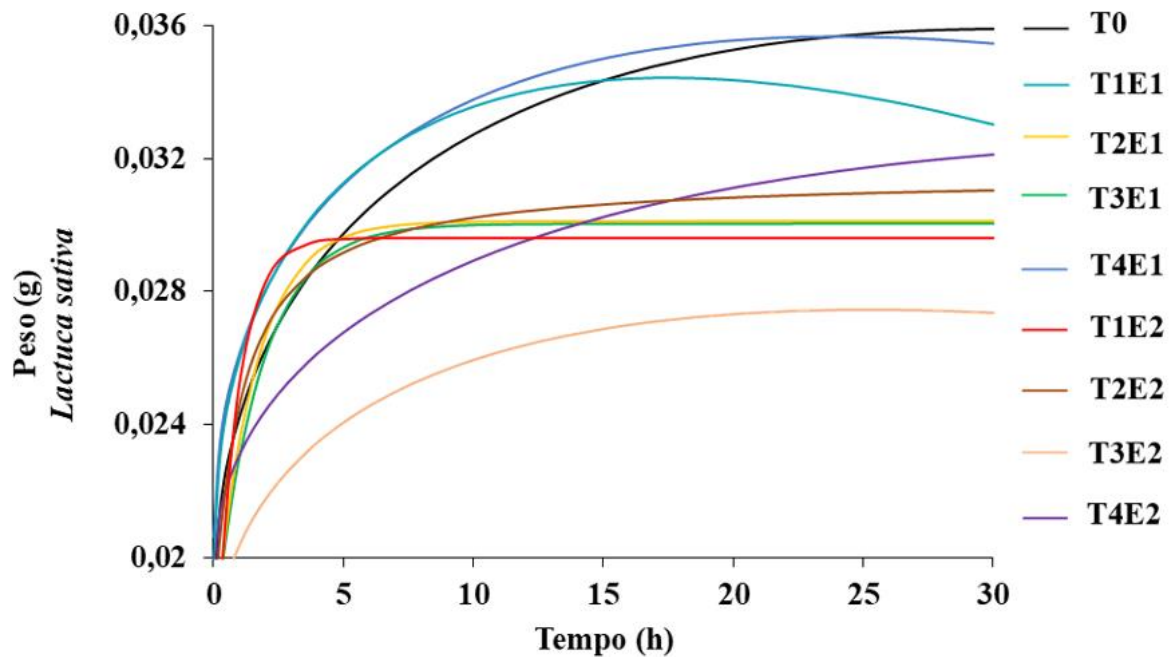
Tratamentos	CT (cm)		CPA (cm)		CR (cm)		MF (g)		MS (g)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
T0 (controle)	2,23		1,42		28,44		0,09		0,009	
T1	0 Ba -	2,67Aa ns	0 Ba -	1,32Aa ns	15,59Ba -	37,28Aa	0,04Aa -	0,04Ab -	0,007Ba ns	0,01Aa ns
T2	0 Ba -	2,40Aa ns	0 Ba -	0,99Aa ns	0Bb -	31,91Aa	0Bb -	0,07Aa ns	0Bb -	0,01Aa ns
T3	0Ba -	1,31Aa ns	0 Aa -	0,39Aa -	0Bb -	22,85Ab ns	0Bb -	0,08Aa ns	0Bb -	0,008Aa ns
T4	0 Ba -	1,69Ab ns	0 Aa -	0,83Aa ns	0Bb -	22,23Ab (ns)	0Bb -	0,07Aa ns	0Bb -	0,01Aa ns
<b>CV%</b>	30,8		37,2		36,6		22,7		26,3	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As médias não rotuladas com ns (não significativamente) são significativamente diferentes da média controle para mais (+) ou menos (-) pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2024).

No gráfico de embebição da espécie *Lactuca sativa* L., na Figura 6 seguida e Tabela 9 de regressões, a espécie usada como indicadora para estudos alelopáticos, nos tratamentos T0, T1E1, T4E1, T2E2 e T4E2 resultaram em um comportamento de absorção semelhante, se adequando ao modelo de regressão raiz, o T2, T2 do extrato 1 e T4 do extrato1 estas, portanto, se adequaram ao modelo de regressão Mitscherlich. O T3E2 apresentou-se com um comportamento diferente, se adequando à regressão Michaelis-Menten.

**Figura 5** – Gráfico de embebição (g) pelas sementes de *Lactuca Sativa* L. submetidas à embebição em água (controle) e as demais em suas respectivas concentrações do extrato 1 e 2 correspondentes aos tratamentos, sendo o: T0 (apenas água destilada como controle), T1E1 ( $1,538 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E1 ( $3,077 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E1 ( $4,615 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ) e T4E1 ( $6,154 \times 10^{-2} \text{ g mL}^{-1}$ ), T1E2 ( $5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T2E2 ( $1 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T3E2 ( $1,5 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ), T4E2 ( $2 \times 10^{-1} \text{ g mL}^{-1}$ ).



Fonte: Da autora (2024).

**Tabela 11** – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de *Lactuca sativa* L. (continua).

Tratamentos	Equações/Teste F
T0	$\hat{y} = 0.01853 - 0.000569x + 0.00629x^{0.5}$ $R^2 = 0.9956^{**}$
T1E1	$\hat{y} = 0.01983 - 0.000835x + 0.00698x^{0.5}$ $R^2 = 0.9701^{**}$
T2E1	$\hat{y} = 0.0175 + 0.01261[1 - e^{-(0.6503x)}]$ $R^2 = 0.9822^{**}$

**Tabela 12** – Equações de regressão relacionadas ao gráfico de curvas de embebição de *Lactuca sativa* L. (conclusão).

T3E1	$\hat{y} = 0.01765 + 0.0124[1 - e^{(-0.5732x)}]$ $R^2 = 0.9448^{**}$
T4E1	$\hat{y} = 0.02065 - 0.000626x + 0.00613x^{0.5}$ $R^2 = 0.9872^{**}$
T1E2	$\hat{y} = 0.01505 + 0.01455[1 - e^{(-1.209x)}]$ $R^2 = 0.9383^{**}$
T2E2	$\hat{y} = 0.01794 + 0.01355x / (1.032 + x)$ $R^2 = 0.9368^{**}$
T3E2	$\hat{y} = 0.01642 - 0.000438x + 0.0044x^{0.5}$ $R^2 = 0.9399^{**}$
T4E2	$\hat{y} = 0.01947 - 0.000294x + 0.00392x^{0.5}$ $R^2 = 0.9602^{**}$

Fonte: Da autora (2024).

O T0 foi o tratamento com maior incremento em peso, até o próximo ao último intervalo de tempo às 25h, em que se manteve constante. Próximo ao último ponto as sementes alcançaram a germinação de 50% + 1, no qual manteve o padrão de embebição sem decréscimo.

O T4E1 apresentou um aumento de peso durante o período de embebição e próximo ao fim entre 25h e 30h de embebição, resultou em uma perda de peso. O T2E1 e o T3E1 apresentaram um pico de aumento de peso ao completar 5h de embebição, posteriormente apresentou um comportamento constante, de pouco aumento de peso nas sementes. O T1E1 apresentou o maior valor em peso na metade do tempo total de embebição, posteriormente ocorreu uma queda do incremento de peso nas sementes (Figura 5).

O T4E2 apresentou o maior valor de embebição no último ponto. O T3E2 apresentou o menor valor em peso em relação aos demais tratamentos, e apresentou o maior valor de peso ao final do período de embebição. O T2E2 resultou em maior valor de peso embebido próximo a 10h, e se manteve constante durante o restante do processo de embebição. O T4E2 apresentou valor mais alto em peso de absorção próximo às 4h e posteriormente se manteve constante sem incremento em peso das sementes. O aumento pronunciado da embebição próximo à sua germinação se deve ao fato de que a quantidade de água absorvida pela semente não deve ser apenas para iniciar, mas também para garantir o processo de germinação (Figura 5).

A alta absorção de no início do processo pré-germinativo, pode ser mais pronunciado quando submetido a outros tipos de extratos, o que pode acelerar os efeitos causados na semente nesse contexto, outro estudo constatou, um efeito significativo da interação entre as concentrações e o tempo de embebição para todas as variáveis analisadas. No que diz respeito à germinação, ao comparar os tratamentos em cada intervalo de embebição, destaca-se um

impacto significativo apenas no tratamento com E. glóbulos na diluição de 0,15% durante 120 minutos, resultando em uma redução notável de 21,25% na germinação em comparação com a testemunha. As curvas da germinação em função do tempo mostraram que o efeito tóxico de E. glóbulos foi mais pronunciado nas primeiras horas de avaliação, principalmente nos períodos de 60 e 120 minutos de embebição (Garbim *et al.*, 2014).

## 5 CONCLUSÃO

O extrato 1 inibe significativamente o potencial germinativo e o vigor das sementes de picão-preto, com um impacto negativo com o aumento das concentrações. O extrato 2 apresenta um efeito peculiar, estimulando a germinação na concentração mais baixa, mas induzindo decréscimo em concentrações subsequentes. Para a corda-de-viola., observa-se uma redução no potencial germinativo para ambos os extratos, enquanto a alface. apresenta uma diminuição no potencial germinativo no extrato 2 e inibição no extrato 1.

As curvas de embebição indicaram uma redução na capacidade de absorção para as espécies submetidas aos extratos, com um padrão de estabilização da absorção para picão-preto e corda-de-viola e para a alface.

O aumento das concentrações dos extratos 1 e 2 resulta em um efeito alelopático negativo capaz de diminuir a germinação das sementes e inibir o crescimento das plantas. Esses achados ressaltam a complexidade das interações entre os extratos e as diferentes espécies, fornecendo informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de controle mais eficazes e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; VOLL, E. Embebição e germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*). **Planta daninha**, v. 21, p. 21-25, 2003.
- ALBRECHT, Leandro Paiola *et al.* Métodos de controle de plantas daninhas. *In*: BARROSO, Arthur Arrobas Martins; MURATA, Afonso Takao. Matologia: estudos sobre plantas daninhas. **Fábrica de Palavras**, 1. ed., p. 145-169, 2021.
- ALMEIDA, Fernando Sousa de. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 221-236, 1991.
- ÁLVAREZ-MARTÍNEZ, Alicia *et al.* Viabilidad de la semilla de *Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don. **Abanico Agroforestal**, v. 5, p. e 2023-6, 2023.
- ALVES, L. M.; MENDES, A.N.G.; GOMIDE, M. B. Avaliação do potencial alelopático de folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no controle das plantas daninhas. **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, p.188-190, 1997.
- ANDRADE, Heloísa Monteiro de; BITTENCOURT, Alexandre Horácio Couto; VESTENA, Silvane. Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre espécies cultivadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1984-1990, 2009.
- AZAMBUJA, Natasha; HOFFMANN, Clairomar Emílio Flores; NEVES, Luiz Augusto Salles das. Potencial alelopático de *Plectranthus barbatus* Andrews na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. e de *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 66-73, 2010.
- AZANIA, C. A. M. *et al.* Superação da dormência de sementes de corda-de-viola (*Ipomoea quamoclit* e *I. hederifolia*). **Planta daninha**, v. 27, p. 23-27, 2009.
- BALLARD, R. *Bidens pilosa* complex (Asteraceae) in North and Central America. **Am. J. Bot.**, v. 73, n. 10, p. 1452-1465, 1986.
- BARBOSA, Luiz Cláudio de Almeida *et al.* Preparation and phytotoxicity of sorgoleone analogues. **Química Nova**, v. 24, p. 751-755, 2001.
- BERTAGNOLLI, Carla Medianeira *et al.* Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. **Revista brasileira de sementes**, v. 25, p. 7-13, 2003.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. **New York: Plenum Press**, 445 p., 1994.
- BICHO, Natalina da Conceição Cavaco *et al.* Caracterização física do café verde numa perspectiva da qualidade alimentar e do valor comercial. **Biol. Veg. Agro-industrial**, v. 2, p. 269-292, 2005.
- BORELLA, Junior; TUR, Celia Maria; PASTORINI, Lindamir Hernandez. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 13-22, 2010.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. **Artmed**, p. 209-222, 2004.

BRASIL. Regras para Análise de Sementes. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: MAPA/ACS**, 2009.

BRIGHENTI, Alexandre Magno; OLIVEIRA, Maurílio Fernandes de. Biologia de plantas daninhas. **Embrapa**, 36 p., 2011.

CARNEIRO, Gabriella Daier Oliveira Pessoa *et al.* Eficácia de herbicidas no controle pós-emergência de corda-de-viola. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 2, 2020.

CARVALHO, S. I. C. Caracterização dos efeitos alelopáticos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estabelecimento das plantas de *Stylosanthes guianensis* var. vulgaris cv. Bandeirante. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa**, 72 p., 1993.

CARVALHO, Wellington Pereira de *et al.* Alelopatia de resíduos de plantas de cobertura no controle de braquiária cv. Marandu. **Revista brasileira de Biociências**, v. 14, n. 2, 2016.

CHOU, Chang -Hung; WALLER, George R. Possible allelopathic constituents of *Coffea arabica*. **Journal of chemical ecology**, v. 6, p. 643-654, 1980.

CLUBE CAFÉ. História do Café. **Clube Café**, 2023. Disponível em: < <https://www.clubecafe.net.br/historia-cafe> >. Acesso em: 20 fev. 2023.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2021. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 4º levantamento, 2021. Disponível em: < [https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/40315\\_20fa95adcebc75625ef8869d26d6ce3e](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/40315_20fa95adcebc75625ef8869d26d6ce3e) >. Acesso em: 20 fev. 2023.

CONAB. Boletim de monitoramento agrícola: cultivos de verão safra 2023/2024. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 12, 2023.

DODE, Juliana de Souza *et al.* Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 686-691, 2012.

EICHELBERGER, Luiz. Produção de sementes. *In*: MORI, Claudia de *et al.* Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Embrapa**, 1. ed., p. 247-261, 2016.

EL, Ishii-Iwamoto *et al.* Mitochondria as a site of allelochemical action. **Allelopathy: A physiological process with ecological implications**, p. 267-284, 2006.

EMBRAPA. Manual de segurança e qualidade para a cultura do café. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 83 p., 2004.

FANTI, Silmara Cristina; PEREZ, Sonia Cristina Juliano Gualtieri de Andrade. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 903-909, 2004.

FAROOQ, Naila *et al.* Allelopathy for weed management. **Co-evolution of secondary metabolites**, p. 505-519, 2020.

FELIX, Rozeli Aparecida Zanon *et al.* Efeitos alelopáticos da *Amburana cearensis* L.(Fr. All.) AC Smith na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e de rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 138-140, 2007.

FERNANDES, Antônia Isadora. Avaliação da atividade carrapaticida, bactericida e de inibição enzimática de extratos de grãos verde e torrado de *Coffea arabica* de qualidade inferior. **Dissertação (Mestrado em Agroquímica) Universidade Federal de Lavras**, 81 p., 2022.

FERREIRA, Alfredo Gui; AQUILA, Maria Estefânia Alaves. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.

FERREIRA, Alfredo Gui; AQUILA, Maria Estefânia Alaves. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.

FERREIRA, Flávia Monteiro Coelho *et al.* Efeito de extratos de plantas espontâneas na germinação e no crescimento inicial do feijão comum. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 185-192, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. Asteráceas–alface e outras hortaliças herbáceas. *In*: Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Viçosa: UFV**, p. 289-295, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Viçosa: UFV**, 402 p., 2000.

FURTADO, Celso. Formação Econômica do Brasil. **Companhia Editora Nacional**, 34.ed., 2006.

GARBIM, T.H. dos S. *et al.* Efeito de diferentes concentrações do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* Labill. No crescimento de plântulas e na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta**, v. 12, n. 2, p. 109-114, 2014.

GIANOLI, Ernesto. Phenotypic responses of the twining vine *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae) to physical support availability in sun and shade. **Plant Ecology**, v. 165, p. 21-26, 2003.

GOMIDE, Marcio Bastos. Potencialidades alelopáticas dos restos culturais de dois cultivares de cana-de-acucar (*saccharum* sp) no controle de algumas plantas daninhas. 1993. **Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo**, 1993.

GUSMAN, Antonio Barioni; PITELLI, Robson A.; DIAS, Sandra Mara. Efeito do citrionelol sobre a germinação e desenvolvimento do amendoim-bravo (*Euphorbia Heterophylla* L) II. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, p. 14-22, 1994.

HALAL, Shanise Lisie Mello El. Composição, processamento e qualidade do café. **Monografia (Bacharelado em Química dos Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas**, 45 p., 2008.

- HOFFMANN, Clairomar Emílio Flores *et al.* Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta schott* em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 1, p. 11-21, 2007.
- HOLM, LeRoy *et al.* World weeds: natural histories and distribution. **John Wiley & Sons**, 1997.
- INOUE, Miriam Hiroko *et al.* Potencial alelopático de extratos hidroalcoólicos de *Annona crassiflora* sobre *Brachiaria brizantha*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*. *In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*, 7 p., 2008.
- İPEK, E.; KİTİŞ, Y. E. Allelopathic Effects of Ginger and Turmeric on the Germination of *Ipomoea triloba* and *Avena sterilis*. **AS-Proceedings**, v. 1, n. 6, p. 376–379, 2023.
- ISTA. The germination test. *In: International rules for seed testing. International Seed Testing Association*, Bassersdorf, p. 5.1-5.46, 2009.
- JACOBI, Ubiratã S.; FERREIRA, Alfredo G. Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC) OK. sobre espécies cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 935-943, 1991.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. Convolvulaceae juss. *In: KISSMANN, K. G; Plantas infestantes e nocivas. Basf*, v. 2, p. 673-693, 1991.
- KOSZO, Cristina Rita Radics; RINALDI, Mirian Cilene Spasiani; BARBEDO, Claudio José. Germinação de sementes de *Erythrina speciosa* Andr., *Eugenia brasiliensis* Lam. e *Cucumis sativus* L. em meio ácido. **Hoehnea**, v. 34, p. 271-282, 2007.
- KVIECINSKI, Maicon Roberto *et al.* Study of the antitumor potential of *Bidens pilosa* (Asteraceae) used in Brazilian folk medicine. **Journal of ethnopharmacology**, v. 117, n. 1, p. 69-75, 2008.
- LEIFA, F.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, Askok. Production of mushrooms on Brazilian coffee industry residues. *In: Coffee Biotechnology and Quality: Proceedings of the 3rd International Seminar on Biotechnology in the Coffee Agro-Industry, Springer Netherlands*, p. 427-436, 2000.
- LIU, Boling; SOUNDARARAJAN, Prabhakaran; MANIVANNAN, Abinaya. Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. **Plants**, v. 8, n. 9, p. 307, 2019.
- LO MONACO, Paola Alfonsa Vieira *et al.* Conchas de ostras e cascas de ovos moídas como corretivos da acidez do solo. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 23, n. 6, p. 584-590, 2015.
- LOPES, Robson Willian Nunes *et al.* Bioherbicide potential of plant species with allelopathic effects on the weed *Bidens bipinnata* L. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 13476, 2022.
- LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. **Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora**, 6 ed., 336 p., 2006.
- LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. **Nova Odessa, SP: Plantarum**, 672 p., 2008.

LORENZI, M. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. **Nova Odessa**, v. 1, 339 p., 1984.

MACIEL, Cleber Daniel de Goes *et al.* Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cafezal orgânico. **Bragantia**, v. 69, p. 631-636, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and Evolution for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015.

MARCOS FILHO, Julio. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. **Fealq**, v. 12, 495 p., 2005.

MARINIS, G. Ecologia de plantas daninhas. *In*: CAMARGO, P. (Ed.), Texto Básico de Controle de Plantas Daninhas. **Piracicaba, SP: ESALQ**, 4. ed., p. 174, 1972.

MATIELLO, Jose Braz. Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações. **MAPA/Procafé: Fundação Procafé**, 2002.

MAY; Dayane *et al.* Efeito de extratos de casca de café (*Coffea arabica* L.) na germinação e crescimento de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 2, 2011.

MAZZAFERA, Paulo; YAMAOKA-YANO, Dirce Mithico; VITÓRIA, A. P. Para que serve a cafeína em plantas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 1, p. 67-74, 1996.

MEDEIROS, A. R. M. Determinação de potencialidades alelopáticas em agroecossistemas. **Tese (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 92 p., 1989.

MERGULHÃO, Amanda Duarte. Os fluxos, as relações e os agentes envolvidos na produção e comercialização do café produzido atualmente no Brasil. **Revista da ANPEGE**, v. 13, n. 22, p. 57-85, 2017.

MOKA CLUBE. Conheça quais os tipos de café e as diferenças entre eles. **Moka Clube: Café & Torrefação**, 2019. Disponível em: < <https://www.mokaclube.com.br/blog/quais-os-tipos-de-cafe/> >. Acesso em: 07 nov. de 2023.

NASCIMENTO, Warley Marcos; PEREIRA, Roseane Sousa. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 175-179, 2007.

OLIVEIRA, Elayne Barbosa de *et al.* Investigação fitoquímica e atividade alelopática do extrato foliar da *Croton heliotropiifolius* Kunth sobre o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e151111435613-e151111435613, 2022.

OLIVEIRA, Rafael C. S. *et al.* Evaluation of the potential of SPME-GC-MS and chemometrics to detect adulteration of ground roasted coffee with roasted barley. **Journal of Food Composition and analysis**, v. 22, n. 3, p. 257-261, 2009.

PETERSEN, Jan *et al.* Weed suppression by release of isothiocyanates from turnip-rape mulch. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 1, p. 37-43, 2001.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. **Agropecuária**, p. 145-185, 2001.

PIRES, R. M. O. *et al.* Potencial alelopático de cascas de café no crescimento de plantas. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Ribeirão Preto. **Anais SBPCD**, p. 1081-1086., 2010.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Biologia Vegetal. **Guanabara Koogan**, 6. ed., 2001.

REIGOSA, Manuel *et al.* Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 629-646, 2013.

RICE, E. L. Allelopathy. **Academic Press**, p. 353, 1984.

RIZZARDI, A. *et al.* Allelopathic potential of aqueous extracts of canola genotypes on *Bidens Pilosa*. **Planta Daninha**, v. 26, p. 717-724, 2008.

RODRIGUES, I. M. C. *et al.* Anatomia e histoquímica das folhas de *Senna alata*. **Planta Daninha**, v. 27, p. 515-526, 2009.

SABOIA, Camila Mesquita *et al.* Efeito alelopático de extratos de folhas frescas de Bamburral (*Hyptis suaveolens* L.) sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Fitos**, v. 12, n. 1, p. 18-26, 2018.

SANTOS, Julio Cesar Freitas *et al.* Efeito de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 783-790, 2002.

SANTOS, Júlio César Freitas *et al.* Influência alelopática das coberturas mortas de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. **Ciênc. Agrotec.**, v. 25, n. 5, p. 1105-1118, 2001.

SANTOS, Lívia Maria de Lima; GONÇALVES, Adenilson Henrique. In vitro phytotoxicity of *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker extracts on *Lactuca sativa* L. and *Bidens pilosa* L. **Biotemas**, v. 33, n. 2, p. 7, 2020.

SEREIA, Vanderlei José; CAMARA, Márcia Regina Gabardo da; CINTRA, Marcela Vasques. Competitividade internacional do complexo cafeeiro brasileiro e paranaense. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 557-578, 2008.

SILVA, André Felipe Moreira *et al.* Introdução à ciência das plantas daninhas. In: BARROSO, Arthur Arrobas Martins; MURATA, Afonso Takao. Matologia: estudos sobre plantas daninhas. **Fábrica de Palavras**, 1. ed., p. 7-37, 2021.

SILVA, Juarez de Sousa e. Pré-processamento de produtos agrícolas. **Instituto Maria**, 1995.

- SILVA, Mauricio Pedro da *et al.* Uma breve abordagem teórica sobre o potencial alelopático em comunidades vegetais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e20511426021-e20511426021, 2022.
- SILVA, Mauricio Pedro da *et al.* Uma breve abordagem teórica sobre o potencial alelopático em comunidades vegetais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e20511426021-e20511426021, 2022.
- SILVA, Tiago Martinho de Carvalho Porto. Análise histórica dos custos de produção de café arábica nos principais polos do Brasil no período de 2016 a 2021. **Monografia (Bacharel em Ciências Contábeis) Universidade de Brasília – UnB**, 40 p., 2023.
- SILVEIRA, Patricia Fernandes da. *et al.* Atividade alelopática de extratos de folhas e sementes de *Prosopis juliflora* na germinação de alfaca. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. e8249, 2021.
- SOUZA FILHO, Antônio Pedro da S.; RODRIGUES, Luis Roberto de A.; RODRIGUES, Teresinha de Jesus D. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 165-170, 1997.
- SPIASSI, Ariane *et al.* Allelopathic effects of pathogenic fungi on weed plants of soybean and corn crops. **Bioscience journal**, v. 31, n. 4, p. 1037-1048, 2015.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. **Porto Alegre: Artmed**, 5. ed., 954 p., 2013.
- TELES, Talita Néria de Araújo; LIBERATO, Maria da Conceição Tavares Cavalcanti. Avaliação fitoquímica, quantificação de fenóis totais, flavanóides e atividade antioxidante do extrato etanólico do grão do café (*Coffea*. L.), da variedade típica produzido nas áreas sobreadas na serra do maciço de Baturité no Ceará. **Produção Acadêmica do Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia da Universidade Estadual do Ceará** 112 p., 2021.
- VENTURIM, José Braz. Gestão de resíduos orgânicos produzidos no meio rural: o caso do beneficiamento do café. **Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção - UFSC**, 102 p., 2002.
- VIDAL, Ribas A.; FLECK, Nilson C. Análise do risco da ocorrência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 15, p. 152-161, 1997.
- VIDAL, Ribas Antonio; LAMEGO, Fabiane Pinto; NUNES, Anderson Luis. Otimização do número de primers empregados em RAPD para detectar variabilidade genética entre acessos de picão-preto. **Scientia Agraria**, v. 6, n. 1, p. 71-77, 2005.
- VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, Ana Cristina Richter; WEBER, Gisele Eva Bruch. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado**, Documento 316, 1. ed., 16 p., 2010.
- WHITTAKER, Robert H.; FEENY, Paul P. Allelochemicals: Chemical Interactions between Species: Chemical agents are of major significance in the adaptation of species and organization of communities. **Science**, v. 171, n. 3973, p. 757-770, 1971.
- ZIMDAHL, Robert L. Allelopathy. *In*: ZIMDAHL, Robert L. *Fundamentals of weed science*. 5. ed. Colorado: **Academic press**, p. 227-245, 2018.