

Investigação fitoquímica e atividade alelopática do extrato foliar da *Croton heliotropiifolius* Kunth sobre o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L.

Phytochemical investigation and allelopathic activity of the foliar extract of *Croton heliotropiifolius* Kunth on the initial development of *Lactuca sativa* L.

Investigação fitoquímica e atividade alelopática do extrato foliar da *Croton heliotropiifolius* Kunth sobre o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L.

Recebido: 21/09/2022 | Revisado: 13/10/2022 | Aceitado: 18/10/2022 | Publicado: 22/10/2022

Elayne Barbosa de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2540-0708>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: elaynebarbosa123@hotmail.com

Iranilma Assis da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5344-3687>
Centro Universitário Mauricio de Nassau, Brasil
E-mail: iranilma1994@gmail.com

Wanderson Ferreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4625-528X>
Instituto Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: wandersonsilva1@gmail.com

José Atalvanio da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5916-2130>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: atalvanio.silva@uneal.edu.br

Chryslane Barbosa da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0811-6716>
Instituto Federal de Alagoas, Brasil
E-mail: chrys.barbosa.silva30@gmail.com

Renan Rocha da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3359-3722>
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
E-mail: renan@uneal.edu.br

Resumo

Alelopatia é considerada um acontecimento de ocorrência natural, que tem como resultado a liberação de substâncias químicas e/ou metabolismos secundários distribuídas em concentrações variadas nos diversos órgãos vegetais das plantas durante o seu ciclo de vida e podem inibir o desenvolvimento fisiológico de outras espécies. A espécie *Croton heliotropiifolius* Kunth, pertence à família Euphorbiaceae, tem sido indicada como precursora do efeito alelopático. Sendo assim é primordial o conhecimento de modo a auxiliar no melhor desenvolvimento do ecossistema. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar uma investigação fitoquímica qualitativa do extrato foliar da espécie *Croton heliotropiifolius* Kunth, bem como seu efeito alelopático sobre o desenvolvimento de *Lactuca sativa*. O experimento foi realizado no Laboratório de Recursos Naturais da Universidade Federal de Alagoas. Os extratos foram obtidos por decocção e posteriormente avaliados de forma qualitativa através da prospecção fitoquímica, seguido de caracterização físico química. No bioensaio de germinação preparou-se soluções nas concentrações de 0,1; 0,25; 0,5 e 1 mg/mL, tendo água destilada como controle. Os recipientes foram revestidos com papel germiteste, aplicados 7 mL das soluções e distribuídos 25 sementes de *L. sativa*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados evidenciam potencialidades alelopáticas do extrato da *C. heliotropiifolius* sobre a cultivar *L. sativa*, evidenciando que os compostos taninos, fenóis e flavonoides estimulam o alongamento da raiz a partir da dose de 0,1 mg/mL. Portanto, o extrato da *C. heliotropiifolius* não provoca redução da germinação de sementes de alface, caracterizando-se como efeito alelopático benéfico.

Palavras-chave: Hortaliça; Velame, efeito alelopático; Metabólitos secundários.

Abstract

Allelopathy is considered a naturally occurring event, which results in the release of chemical substances and/or secondary metabolisms distributed in various concentrations in the various vegetative organs of plants during their life cycle and can inhibit the physiological development of other species. A species *Croton heliotropiifolius* Kunth,

belongs to the family Euphorbiaceae, has been indicated as a precursor of the allelopathic effect. Being assim é primordial or conhecimento in order to assist in the better development of the ecosystem. In this context, or present work, the objective was to carry out a qualitative phytochemical investigation of the foliar extract of the *Croton heliotropiifolius* Kunth species, as well as its allelopathic effect on the development of *Lactuca sativa*. The experiment was carried out at the Natural Resources Laboratory of the Federal University of Alagoas. The foram extracts obtained by decoction and subsequently evaluated qualitatively through phytochemical prospecting, followed by physical chemical characterization. No germination bioassay prepared solutions in concentrations of 0.1; 0.25; 0.5 and 1 mg/mL, I have distilled water as control. The containers were covered with germinating paper, applied 7 mL of solutions and distributed 25 seeds of *L. sativa*. The experimental design was entirely random, with four repetitions. The results show allelopathic potentialities of the extract of *C. heliotropiifolius* on the cultivar *L. sativa*, showing that the tannin, phenolic and flavonoid composts stimulate root elongation from a dose of 0.1 mg/mL. Therefore, the extract from *C. heliotropiifolius* does not cause a reduction in the germination of alpha seeds, characterizing it as a beneficial allelopathic effect.

Keywords: Hortalixa; Watch over me, allelopathic efeito; Secondary metabolites.

Resumen

La alelopatía se considera un evento de ocurrencia natural, que resulta en la liberación de sustancias químicas y/o metabolismos secundarios distribuidos en concentraciones variables en los diversos órganos vegetales de las plantas durante su ciclo de vida y que pueden inhibir el desarrollo fisiológico de otras especies. La especie *Croton heliotropiifolius* Kunth, perteneciente a la familia Euphorbiaceae, ha sido señalada como precursora del efecto alelopático. Por lo tanto, el conocimiento es fundamental para ayudar al mejor desarrollo del ecosistema. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una investigación fitoquímica cualitativa del extracto de hoja de la especie *Croton heliotropiifolius* Kunth, así como su efecto alelopático en el desarrollo de *Lactuca sativa*. El experimento fue realizado en el Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad Federal de Alagoas. Los extractos fueron obtenidos por decocción y posteriormente evaluados cualitativamente mediante prospección fitoquímica, seguida de caracterización físico-química. En el bioensayo de germinación se prepararon soluciones a concentraciones de 0.1; 0,25; 0,5 y 1 mg/mL, con agua destilada como control. Los recipientes se cubrieron con papel germitest, se aplicaron 7 mL de las soluciones y se distribuyeron 25 semillas de *L. sativa*. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los resultados muestran el potencial alelopático del extracto de *C. heliotropiifolius* sobre el cultivar *L. sativa*, mostrando que los taninos, fenoles y flavonoides estimulan la elongación de la raíz a una dosis de 0,1 mg/mL. Por tanto, el extracto de *C. heliotropiifolius* no reduce la germinación de las semillas de lechuga, caracterizándose por tener un efecto alelopático beneficioso.

Palabras clave: Hortalizas; Velame, efecto alelopático; Metabolitos secundarios.

1. Introdução

A alelopatia pode ser definida como um tipo de interferência causada por alguns organismos, quando transferem para o ambiente, substâncias químicas ou produtos do metabolismo secundário, denominados de aleloquímicos, sintetizados através de processos metabólicos. Esses compostos possuem mecanismos de defesa que estão relacionados a processos fisiológicos da planta (Sangeetha & Baskar 2015; Araùjo et al., 2021; Da Rocha Cruz et al., 2021).

As substâncias liberadas pelas plantas atuam na redução do desenvolvimento inicial das plântulas, assimilação de nutrientes, fotossíntese, e na atividade de várias enzimas e na perda de nutrientes pela permeabilidade da membrana celular (Jabran et al., 2015).

O processo de resgate de informações e identificação de espécies medicinais tem avançado em virtude de novos estudos químicos sobre as classes de compostos presentes em órgãos vegetativos, através da realização de testes químicos qualitativos rápidos como a prospeção fitoquímica (Bessa et al., 2013; Almeida et al., 2021).

A química dos produtos naturais, em especial a fitoquímica, através do isolamento e determinação de estruturas químicas a partir da adoção de metodologias quantitativas que vislumbrem a descoberta de uma diversidade de compostos do metabolismo secundário oriundos de diferentes espécies vegetais sobressaem-se na área farmacológica em virtude de seus efeitos biológicos sobre a saúde humana (Gomes et al., 2022).

Os metabólitos secundários são caracterizados pela sua estrutura complexa, baixo peso molecular, ampla atividade biológica e distintas classes presentes em baixas concentrações em plantas medicinais. Muitos não são apenas de importância farmacológica, mais também nas áreas alimentar, agrônômica, perfumaria, comercial e outros (Pereira & Cardoso et al., 2012;

De Sá-Filho et al., 2021).

A natureza alelopática e/ou ação bioherbicida das plantas tem relação com seus metabolitos secundários, que correspondem as substâncias químicas naturais sintetizados pelas plantas com a função de proteção do mecanismo bioquímico da planta, atuando na dieta alimentar do indivíduo. Os principais grupos de metabolitos secundários destacam-se em terpenos, alcaloides, ácidos fenólicos, lactonas, cumarinas, sesquiterpenos, fenóis, taninos, alcaloides e flavonoides dentre outros (Favaretto et al., 2018; Pereira et al., 2022).

A Euphobiaceae compreende um grupo das famílias de espécies vegetais que possuem uma variedade de plantas com as mais distintas atividades já investigadas, dentre as quais é possível enfatizar a alelopática. O gênero *Croton* compreende mais de 350 espécies nativas amplamente ricas em metabolitos secundários responsáveis por ações biológicas (Mendonça et al., 2008; De Oliveira et al., 2020; Torres et al., 2021; Cavalcante et al., 2022).

Dentre as espécies do gênero *Croton* pertencente à família Euphorbiaceae destaca-se a *C. heliotropiifolius*, que é utilizada na prevenção de infecções na pele, sífilis, úlceras, tosse e gripes, sendo distribuída em regiões do nordeste brasileiro, em áreas de Caatinga, conhecida popularmente como velame, marmeleiro (Oliveira et al., 2021).

Estudos fitoquímicos ressaltam que as plantas do gênero *Croton* apresentam em sua composição química constituintes como alcalóides, terpenóides (diterpenos, triterpenos pentacíclicos), e flavonoides (Oliveira et al., 2022). Sisodia e Siddiqui (2010), constataram que o extrato aquoso da raiz, caule e folha da *Croton bonplandinum* exibiam níveis de inibição com efeito severo sobre *Melitótus alba* em relação a outras espécies de plantas daninhas.

A tolerância aos metabolitos secundários tem sido uma das características espécie-específica, sendo notória que as mais sensíveis são *Lactuca sativa* L. (alface), *Lycopersicon esculentum* Miller (tomate) e *Cucumis sativus* L. (pepino), as quais são indicadoras da atividade alelopática. No entanto, para serem indicadas como planta teste, a espécie deve apresentar germinação rápida e uniforme, e um grau de sensibilidade que permita expressar os resultados sob baixas concentrações das substâncias alelopáticas (Gabor & Veatch, 1981; Ferreira & Áquila, 2000; Alves et al., 2004).

Plantas de *L. sativa* são consideradas uma das dez hortaliças folhosas mais utilizadas no consumo in natura de ampla aceitabilidade pelos consumidores, visto que, seu emprego na dieta alimentar tem impulsionado o cultivo e expansão no últimos anos tornando-a muito usada na forma de salada crua. A hortaliça, além de ser sensível, tem sido comumente utilizada em bioensaios de germinação e estudos fisiológicos (Arruda et al., 2022; Araújo et al., 2022).

Considerando a importância do gênero *Croton* para a indústria farmacêutica, alimentícia, cosmética e a necessidade de se avaliar a relação planta-planta, a fim de possibilitar um melhor desenvolvimento no cultivo de hortaliças que podem coexistir próximo as plantas infestantes em áreas agrícolas, o presente trabalho teve o objetivo de investigar a composição fitoquímica do extrato aquoso da espécie *C. heliotropiifolius* (Euphobiaceae) e seu potencial alelopático no desenvolvimento inicial de *L. sativa*.

2. Metodologia

A espécie *C. heliotropiifolius* foi coletada no Município de Arapiraca – Alagoas (latitude 09°45'09" S e longitude 36°39'40" W; altitude média de 264 m), direcionada ao herbário MAC do Instituto do meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA, para obtenção do número de registro MAC.

O experimento foi realizado no Laboratório de Recursos Naturais da Universidade Federal de Alagoas, Campus Simões, Maceió – AL. As folhas da *C. heliotrophifolius* foram submetidas à secagem em estufa a 50°C, e trituradas em moinho de facas para obtenção do pó.

Obtenção e rendimento do extrato vegetal

Para obtenção do extrato aquoso foram pesados 113g da folha do velame e, em seguida, colocados em um béquer de 500 mL, sendo adicionados 170 de água destilada. O béquer foi mantido em uma chapa de aquecimento até homogeneizar na temperatura de 50°C, durante 2 minutos. Após o período de resfriamento a solução homogênea foi filtrada a temperatura (25°C±2°C), transferido para tubos tipo Falcon de 50 mL e, em seguida, congelados em freezer a -18°C durante 72h e, posteriormente, submetidos à secagem em liofilizador (Modelo: MICRO MODULOYO-115, Serial No: 02J400021-1B), até a obtenção do extrato aquoso seco o qual foi armazenado em frasco âmbar. Após a obtenção do extrato seco foi calculado rendimento percentual usando a seguinte fórmula:

$$R\% = (R \text{ real} / R \text{ teórico}) \times 100$$

Onde,

R% = Rendimento percentual

R real = massa do extrato bruto

R teórico = massa do material vegetal

Prospecção fitoquímica preliminar

A prospecção fitoquímica foi realizada tomando como base à metodologia proposta por Matos (1989), a qual foi realizada mediante algumas adaptações a fim de realizar prospecção fitoquímica. A partir de 35 mL da solução estoque da amostra, 25 mL foram distribuído em tubos de ensaio, sendo 3mL por tubo para a identificação de fenóis, taninos pirogálicos, taninos flobafênicos, antocianina e antocianidinas, flavonas, flavonóis, xantonas, chalconas, auronas, flavononóis, leucoantocianidinas, catequinas, flavononas. Posteriormente 10mL da solução estoque foi colocado em um béquer mantido em banho-maria, por meio de uma placa de aquecimento com agitação, até a evaporação total da parte líquida, e o material obtido foi utilizado nos testes para esteroides, triterpenóides e saponinas.

Caracterização físico-químicas (pH e Osmolaridade)

A caracterização físico química foi realizada através da medição do potencial de hidrogênio (pH) e osmolalidade mediante a retirada de uma alíquota de 10µL do sobrenadante de cada concentração (0,1; 0,25; 0,5 e 1 mg/mL) do extrato aquoso da *C. heliotropiifolius*.

Os extratos aquosos de *C. heliotropiifolius* foram avaliados individualmente quanto ao pH fazendo uso de um medidor de pH (Phtek – Phmetro Digital), este foi calibrado com HCL (ácido) e NaOH (base) para valores entre 6 e 8, com intuito de verificar se há interferência desta variável em bioensaios de germinação.

A determinação do potencial osmótico foi realizada mediante a metodologia proposta por Coelho (2012), onde foi retirada uma alíquota de 10µL do sobrenadante de cada amostra contida nos tubos de Falcon, disposto sobre o disco de papel, este já sobreposto no porta amostras do osmoméetro de pressão de vapor, modelo Wescar 5520 para realização da leitura da amostra. Os valores obtidos em mol/kg foram submetidos a equação Van T Hoff, através da fórmula:

$$\Psi^{\circ} = -R.T.C$$

Onde,

Ψ° = Potencial osmótico (atm);

R= Constante universal dos gases (0,082 atm.°K-1.L.mol-1);

T= Temperatura absoluta da solução (°K);

C= Concentração de solutos na solução (mol L-1) e expressos em atmosferas (atm), e convertidas em MPa.

Bioensaio de germinação

O ensaio alelopático foi montado em delineamento inteiramente casualizado a partir do preparo da solução estoque a 1mg/mL, desta foram obtidas soluções testes nas concentrações de 0,1; 0,25; 0,5 e 1 mg/mL. Os recipientes de plástico foram revestidos com duas folhas de papel germiteste, aplicados 7 mL das soluções do extrato e dispostos 25 sementes de *Lactuca sativa*, os quais foram mantidos em câmara de germinação tipo BOD com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo (12L:12E), por 7 dias.

No final do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis: Porcentagem de germinação (G%/Fórmula 1), Índice de Velocidade de Germinação (IVG/Fórmula 2), Comprimento da parte aérea (CPA/ Fórmula 3) e Comprimento da raiz (CR/ Fórmula 4). Os parâmetros IVG, CR e CPA foram medidos com auxílio de Paquímetro Digital JOMARCA DIGITAL CALIPER (REFNO205509), com capacidade de medição de 0-150 mm/ 0.01 mm (MAGUIRE, 1962).

$$G = (N(A) \times 100)$$

Onde,

G % = Porcentagem de germinação;

N = Número de sementes germinadas ao final do teste;

A ou 100 = Número de sementes na amostra

Unidade = Porcentagem (%).

$$IVG = \sum (ni/Ti)$$

Onde,

IVG = Índice de velocidade de germinação

ni = Número de sementes que germinam no tempo "i";

Ti = Tempo após a instalação do teste;

i = Dias;

Unidade = Milímetro (mm).

$$CPA = (\text{soma total do CPA}) / N$$

Onde,

CPA = Comprimento da parte aérea

N = Número de sementes germinadas ao final do teste

Unidade = Milímetro (mm).

$$CPA = (\text{soma total do CR}) / N$$

Onde,

CR=Comprimento da raiz

N = Número de sementes germinadas ao final do teste

Unidade = Milímetro (mm).

3. Resultados e Discussão

O material vegetal da espécie *C. heliotropiifolius* foi identificado pela curadora Rosângela Pereira de Lyra Lemos e a exsiccata está depositada no herbário MAC do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas - IMA, com número de registro, MAC 54392.

Os valores de pH apresentados variam de 6,7 a 5,7 e o potencial osmótico de -0,024 a -0,000 MPa. Esses dados corroboram com os apresentados por Borella et al. (2011), onde os valores de pH nas folhas frescas da *Shinus molle* variaram de 6,33 a 6,49, sendo estes superiores a 3,0 e inferiores a 9,0, e o potencial osmótico manteve-se abaixo de -0,25 MPa, sendo incapazes de mascarar o efeito alelopático.

Assim, De Arruda et al. (2022) propõe que tanto o processo de germinação quanto o crescimento das plântulas são afetadas significativamente apresentando efeito deletérios quando submetidas a substâncias com pH extremamente ácido e/ou alcalino (abaixo de 4 e superior a 10). Desta forma, os valores de pH apresentados no estudo demonstraram que não há interferência sobre o desenvolvimento de plântulas de alface.

Segundo Da Silva et al. (2021) o efeito alelopático poderia ser mascarado caso houvesse valores extremos de pH e potencial osmótico em extratos vegetais que atuam sobre determinadas plântulas e/ou sementes; assim quando se desconhece a na constituição dos extratos a presença de substâncias como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, íons e outras moléculas, tornando a avaliação do pH e do potencial osmótico essenciais.

A análise qualitativa dos metabólitos revelou a presença de taninos flobafênicos, flavonas, flavonóis, xantonas, sesquiterpenos, saponinas. Para Luiz et al. (2010) dentre os metabólitos apresentados, em seu estudo, destacaram-se as saponinas, a qual é dita reguladora do crescimento, sendo pertencente a classe dos terpenóides implicando na alelopatia.

As saponinas são um dos compostos que foram atribuídos por Oliveira et al. (2009) como incapazes de interferirem na germinação de plântulas de alface quando submetido ao extrato da polpa de frutos da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart. Os autores enfatiza ainda que em condições naturais esses metabolitos hidrossolúveis podem ser liberados, podendo atuar na defesa contra herbívoros e patógenos.

Compostos como flavonóis, flavonas, flavanonas, flavonas, isoflavonoides e antocianinas, entre outros presentes em uma variedade de plantas possuem múltiplas funções, dentre as quais é possível destacar para o setor agrícola a alelopática, importante para proteção de culturas contra ação de espécies infestantes (Ssali et al., 2019; Da Silva et al., 2022).

Os terpenóides, alcaloides e taninos presentes em quantidades consideráveis nas plantas abrangem diversidade de compostos produzidos pelas plantas com múltiplas funções, como é caso da ação desempenhada pelos alcaloides no sistema nervoso central e dos terpenóides atuando como hormônio de crescimento e desenvolvimento de plantas. Assim como voláteis utilizados por espécies de plantas para atrair polinizadores e os terpenóides destacando-se pelo papel de defesa, sendo indicativo de respostas evolutivas a herbívoros específicos (Rezende et al., 2021; Da Silva et al., 2022).

O extrato aquoso da madeira da *Croton sonderianus* Mull. Arg., mais conhecida como marmeleiro, tem demonstrado eficiência na inibição do desenvolvimento de plantas daninhas, efeito atribuído a diminuição dos pigmentos fotossintetizantes, por apresentar em sua composição uma classe de metabolitos como os diterpenos (Brito & Santos, 2012).

Foi observado crescente desenvolvimento da germinação e do índice de velocidade de germinação de *L. sativa* nas concentrações de 0,25 (100%); 0,5 (99%) e 1 mg/mL (99%) do extrato aquoso da parte aérea da *C. heliotropiifolius*, onde os

dados obtidos se ajustaram ao modelo de regressão possibilitando a obtenção da curva dose–resposta com R² que varia de 0,80 a 0,80 para os parâmetros analisados. Duarte et al. (2016) ressaltam que a variável índice de velocidade de germinação é considerada um dos parâmetros de fundamental importância para avaliação do vigor de sementes, visto que, quando reduzido acarreta uma perda da uniformidade e da produção de sementes.

As plântulas de alface e picão preto tem recebido influência negativa de compostos alelopáticos quando submetidos a extratos de *Mikania laevigata* (Santos & Gonçalves, 2020), e folhas de mangueira (Costa et al., 2019). Ao contrário dos extratos de plantas de crotalária que na concentração de 100% reduz o crescimento de plântulas de alface, independentemente da espécie doadora usada para obtenção do extrato vegetal (Arruda et al., 2022).

Foi observado ainda aumento do alongamento da raiz das plântulas de *L. sativa* de *C. heliotropifolius*, resultado explicado pela aplicação do extrato aquoso a partir das concentrações de 0,1 mg/mL, destacando 0,5 e 1 mg/mL, onde visualizou-se 16,04 e 20,39 mm, enquanto a parte aérea apresentou maior crescimento a partir da concentração de 0,1 mg/mL.

Para Cardoso et al., (2022) a apreciação conjunta das variáveis relacionadas desenvolvimento inicial de plântulas tem permitido uma avaliação mais precisa do efeito alelopático da espécie doadora, uma vez que, o crescimento e a sobrevivência da planta receptora dependem exclusivamente do sistema radicular e parte aérea.

Espinhosa et al. (2019) também não detectaram redução no comprimento radicular da alface e picão-preto quando testaram extratos aquosos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, independentemente das concentrações testadas, confirmando com os resultados obtidos no presente estudo. Contudo, Da Rocha et al.(2018) observou efeito inibitório sobre o crescimento inicial de alface, quando submetido a diferentes concentrações dos extratos aquosos de *Solanum paniculatum* L.

Espinhosa et al. (2019) ainda enfatizam que a demonstração do efeito alelopático sobre a Índice de velocidade de germinação é maior quando comparada com o percentual de plântulas germinadas. Mencionam também que o IVG constitui um importante índice para avaliar a ocupação de uma determinada planta no ambiente sob condições favoráveis.

A química dos produtos naturais tem avançado, significativamente, nos últimos anos em virtude da ampliação de novos métodos mais modernos de extração, isolamento, purificação e identificação, demonstrando o máximo de conhecimento dos compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas. O desenvolvimento de pesquisas acerca do potencial alelopático das plantas tem se tornado relevante, pois quando determinado através de análises e bioensaios em laboratório passa a ser uma opção para a conservação de ambientes agrícolas (Coelho et al., 2022; Lima et al., 2022).

4. Conclusão

Portanto, o extrato aquoso da *C. heliotropifolius* demonstrou efeito alelopático benéfico, pois estimula o desenvolvimento da radícula e não retarda o processo germinativo das sementes de alface. A presença dos metabolitos secundários no extrato forneceu dados preliminares que tem contribuindo para uma melhor tomada de decisão sobre a interação das comunidades ecológicas.

Referências

- Almeida, L. A. A., Souza, C. P. D., De Carvalho Júnior, A. R., & Ferreira, R. O. 2021. Prospecção fitoquímica e atividade antiradicalar de extratos e frações de folhas e galhos de *Pouteria ramiflora* (Sapotaceae). *Brazilian Journal of Development*, 7(11), 108375-108385. 10.34117/bjdv7n11-457
- Alves, M. D. C. S., Medeiros Filho, S., Innecco, R., & Torres, S. B. 2004. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39, 1083-1086. 10.1590/S0100-204X2004001100005
- Araújo, G. R., Erasmo, E. A. L., da Silva, P. P., Oliveira, D. I., Gonçalves, F. B., Borges, K. S., & Rodrigues, R. D. C. M. 2021. Potencial alelopático de óleo de *eucalyptus* e de Capim citronela no controle de plantas daninhas. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 44248-44256. 10.34117/bjdv7n5-038
- Borella, J., Martinazzo, E. G., & Aumonde, T. Z. 2011. Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete. *Revista Brasileira de Biociências*, 9(3), 398.

- Brito, I. C. A., & Santos, D. R. 2012. Alelopatia de espécies arbóreas da caatinga na germinação e vigor de sementes de feijão macacar. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(1), 25.
- Cavalcante, Y. P., Amaro, B. O., & Artur, F. 2022. Bioprospecção dos constituintes voláteis de espécies do gênero *Croton* l. do Delta do Parnaíba. *Research, Society and Development*, 11(7), e3011729639-e3011729639. e3011729639-e3011729639.
- Coelho, J. B. M. Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão Vigna cultivada e solos salinizados. 2012.73p. Tese (Doutorado em Ciência) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2022.
- Coelho, S. D. F. F., de Souza, M. A. F., Rios, C. A. T. B., & Parente, J. M. 2022. Ensino de Química e Educação Ambiental por meio de Pesticidas Naturais. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 19-34.10.34117/bjdv8n1-002
- Costa, E. M., Cavalcante, U. R., Silva, A. M., Pereira, L. S., Ventura, M. V. A., de Carvalho, N. M., & Franco, H. P. 2019. Efeito alelopático de extratos aquosos de folhas de mangueira sobre a germinação e crescimento das plântulas de alface. *Ipê Agronomic Journal*, 3(1), 47-58.10.37951/2595-6906.2019v3i1.4107
- Da Cruz Gomes, J., de Souza Silva, A., Reis, M. Y. D. F. A., do Nascimento, Y. M., de Sousa, A. P., Silva, L. H. A. C., & Ferreira, M. D. L. 2022. Determinação fitoquímica e avaliação do fator de proteção solar das espécies *Acemella oleracea* e *Cipura paludosa*. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 2137-2154.10.34117/bjdv8n1-138
- Da Rocha Cruz, A. C., da Cruz, T. S., Reis, T. C., Stolben, E. M., & Coccozza, F. D. M. 2021. Avaliação do efeito alelopático de diferentes dosagens de extratos vegetais de *Crotalaria Juncea*. *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 40869-40881.10.34117/bjdv7n4-513
- Da Rocha, V. D., dos Santos, T. A., Bispo, R. B., Zortéa, K. É. M., & Rossi, A. A. B. 2018. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Solanum paniculatum* L., na germinação e crescimento inicial de alface. *Revista de Ciências Agroambientais*, 16(1), 72-79. 10.5327/rcaa.v16i1.1805
- Da Silva, B. F., de Sousa Martins, S., de Queiroz Martins, M. G., Pereira, A. M. G., do Vale, J. P. C., Santos, H. S., & Evaristo, F. F. V. 2022. Composição química, polifenóis totais, atividade antioxidante e citotóxica do extrato etanólico de frutos da *Vitex gardneriana* Schauer. *Research, Society and Development*, 11(4), e52311427265-e52311427265.10.33448/rsd-v11i4.27265
- Da Silva, M. P., Dutra, F. B., dos Santos, G. D. O. B., do Nascimento, T. J., de Crescenzo Fernandes, G., Barbosa, M. C., & Francisco, B. S. 2022. Uma breve abordagem teórica sobre o potencial alelopático em comunidades vegetais. *Research, Society and Development*, 11(4), e20511426021-e20511426021.10.33448/rsd-v11i4.26021
- Da Silva, M. A. D., da Silva, J. N., Alves, R. M., Gonçalves, E. P., & da Silva Viana, J. 2021. Alelopatia de espécies da Caatinga. *Research, Society and Development*, 10(4), e57610414328-e57610414328.
- De Arruda, A. G. M., Silva, V. N., & Alves, P. R. L. (2022). Alelopatia de milheto e crotalaria na germinação de sementes de alface: Allelopathy of millet and crotalaria in lettuce seed germination. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, 12(1), 8-8. 10.4322/2359-6643.12208
- Silva, A. C. M. D., Bezerra, J. J. L., Prata, A. P. D. N., Souza, R. C. D., Paulino, C. L. D. A., Nascimento, T. G. D., & Duarte, M. C. 2020. Phytochemical profile and evaluation of the allelopathic effect of the aqueous extract of *Fimbristylis miliacea* (L.) vahl (cyperaceae). *Journal of Agricultural Studies*, 8, 310.10.5296/jas.v8i3.16353
- Araújo, J. L. M. R., Wanderley, M. J. A., Souza Ferraz, R. L., & Machado, T. S. 2022. Desempenho de alface roxa (*Lactuca sativa* L.) em resposta a diferentes doses de esterco bovino, cultivada em garrafas PET. *Research, Society and Development*, 11(4), e9411427070-e9411427070.10.33448/rsd-v11i4.27070
- De Bessa, N. G. F., Borges, J. C. M., Beserra, F. P., Carvalho, R. H. A., Pereira, M. A. B., Fagundes, R., & Alves, A. 2013. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde-Tocantins. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 15, 692-707.10.1590/S1516-05722013000500010
- Lima, L. P., Pinheiro, E. B. F., Gois, K. M. S., Silva, N. C. O., & da Silva, C. Y. 2022. A utilização de produtos naturais como alternativa para o ensino de química: Uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(7), e2111729588-e2111729588.10.33448/rsd-v11i7.29588
- Menezes Torres, M. D. C., Luz, M. A., Oliveira, F. B., Barbosa, A. J. C., & de Araújo, L. G. 2021. Composição química do óleo essencial das folhas de *Croton heliotropiifolius* Kunth (Euphorbiaceae). *Brazilian Journal of Development*, 7(2), 15862-15872.10.34117/bjdv7n2-284
- De Oliveira, L. F., Damasceno, C. S., Campos, R., de Souza, Â. M., de Almeida Ferreira Mendes, G. J., de Fátima Gaspari Dias, J., & Miguel, M. D. 2020. Chemical composition of the volatile oil of *Croton glandulosus* Linnaeus and its allelopathic activity. *Natural Product Research*, 1-4.
- De Sá-Filho, G. F., da Silva, A. I. B., da Costa, E. M., Nunes, L. E., de Freitas Ribeiro, L. H., de Paiva Cavalcanti, J. R. L., & de Souza Cavalcante, J. 2021. Plantas medicinais utilizadas na caatinga brasileira e o potencial terapêutico dos metabólitos secundários: uma revisão. *Research, society and development*, 10(13), e140101321096-e140101321096.
- Dos Santos Cardoso, E., Rossi, A. A. B., de Pedri, E. C. M., Zortéa, K. É. M., Ferreira, E. L., & dos Santos, L. L. (2022). Atividade alelopática de *Zingiber officinale* Roscoe na germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa* e *Lactuca sativa* L.2022. *Research, Society and Development*, 11(9), e40011932006-e40011932006. 10.33448/rsd-v11i9.32006
- Duarte, E. C. C., Gonçalves, A. C. M., Torres, M. N. N., Simpício, S. F., Ribeiro, R. X., Souza, R. F., & Júnior, S. P. S.2016. Manejo de herbicidas no controle de plantas daninhas e sua influência no crescimento e produção do milho híbrido AG 1051. *Revista Agrotec* . 37 (1): 71-80.
- Espinosa, R. Z., Moura Libório, F. H., Silva, L. I., Costa Zonetti, P., Mannigel, A. R., Felipe, D. F., & Souza Bido, G. 2019. Atividade alelopática de extrato aquoso de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden sobre alface (*Lactuca sativa* L.) E picão-preto (*Bidens pilosa* L.). *Revista Valore*, 4, 1-14.
- Favaretto, A., Scheffer-Basso, S. M., & Perez, N. B. 2018. Allelopathy in Poaceae species present in Brazil. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(2), 22. *Fertility. Arch. Agron. Soil Sci.* 58, 1117e1128.

- Ferreira, A. G., & Aquila, M. E. A. 2000. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista brasileira de fisiologia vegetal*, 12(1), 175-204.
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., & Chauhan, B. S. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop protection*, 72, 57-65.10.1016/j.cropro.2015.03.004
- Luz, S. D. M., Souza Filho, A. P. D. S., Guilohn, G. M. S. P., & Vilhena, K. D. S. D. S. 2010. Atividade alelopática de substâncias químicas isoladas da *Acacia mangium* e suas variações em função do pH. *Planta Daninha*, 28, 479-487.10.1590/S0100-83582010000300004
- Matos, J. M. D., & Matos, M. E. O. *Farmacognosia: curso teórico-prático*. Fortaleza; Edições UFC. p245, 1989.
- Oliveira, V. D. S., Nascimento Júnior, J. M., Borges, R. L. B. D., & Lima, L. C. L. E. 2021. Floral Biology and Beekeeping Potential of *Croton heliotropifolius* Kunth (Euphorbiaceae) At Semi-Arid Region, Brazil. *Revista Caatinga*, 34, 895-903. 10.1590/1983-21252021v34n417rc
- Oliveira, A. K., Diógenes, F. E. P., Coelho, M. F. B., & Maia, S. S. S. 2009. Alelopatia em extratos de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. – Rhamnaceae). *Acta Botânica Brasílica*, 23:4, 1186-1189.10.1590/S0102-33062009000400029
- Mendonça, M. S., Ilkiu-Borges, F., & Souza, M. C. 2008. Anatomia foliar de *Croton cajucara* Benth. (Euphorbiaceae) como contribuição ao estudo farmacognóstico de plantas da região amazônica. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Botucatu, 10(2), 18-25.
- Pereira, H. A., Kafer, G. A., & Wyrepkowski, C. C. 2022. Triagem fitoquímica de plantas medicinais do bioma Pampa, da microregião da campanha ocidental do Estado do Rio Grande do Sul *Phytochemical screening of medicinal plants of the Pampa biome, the micro-region of West Campaign of Rio Grande do Sul. Brazilian Journal of Development*, 8(4), 28045-28054.10.34117/bjdv8n4-345
- Pereira, R. J., & das Graças Cardoso, M. 2012. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. *Journal of biotechnology and biodiversity*, 3(4).
- Rezende, R. B., & Rabi, L. T. 2021. Compostos bioativos da gabiroba (*Campomanesia Xanthocarpa* o. Berg.) E suas atividades biológicas e farmacológicas Bioactive composites of gabiroba (*Campomanesia Xanthocarpa* o. Berg.) And their biological and pharmacological activities. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(6), 25089-25097. 10.34119/bjhrv4n6-119
- Sangeetha, C., & Baskar, P. 2015. Allelopathy in weed management: A critical review. *African Journal of Agricultural Research*, 10(9), 1004-1015.10.5897/AJAR2013.8434
- Santos, L. M. D. L., & Gonçalves, A. H. 2020. In vitro phytotoxicity of *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker extracts on *Lactuca sativa* L. and *Bidens pilosa* L. *Biotemas*, 33(2), p. 7.10.5007/2175-7925.2020.e68109
- Swapnal, S. 2010. Allelopathic effect by aqueous extracts of different parts of *Croton bonplandianum* Baill. on some crop and weed plants. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 2(1), 022-028.
- W. E. Gabor, & C. Veatch. 1981. Isolation of a *Phytotoxin from Quackgrass* (*Agropyron repens*) Rhizomes. *Weed Science*, 29(2), 155-159. 10.1017/S0043174500061713