

BIOPROSPECÇÃO E FITOTOXICIDADE DE FRAÇÕES FOLIARES DE *Duranta erecta* L.

João Vitor Calvelli Barbosa¹

Thaina Menegheti Nehme²

Renan Gomes Bastos³

Antonio Rodrigues da Cunha Neto⁴

Geraldo Alves da Silva⁵

Sandro Barbosa⁶

Tecnologia Ambiental

Resumo

Algumas plantas produzem metabólitos com potencial de interferir no ciclo de vida de outras plantas, influenciando seu desenvolvimento, seja estimulando ou inibindo. Esse fenômeno, conhecido como alelopatia, envolve compostos tóxicos pertencentes a diferentes grupos de metabolitos bioativos, especialmente os compostos fenólicos, cumarinas, terpenoides, flavonoides, taninos e alcaloides. A *Duranta erecta* L., ou Pingo-de-ouro, contém compostos com possível potencial alelopático. Este estudo teve como objetivo identificar os grupos de compostos químicos nas frações do extrato hidroetanólico das folhas de *D. erecta* e avaliar seus efeitos fitotóxicos em bioensaio com *Lactuca sativa*. O extrato foi obtido por percolação e fracionado em solventes de polaridade crescente, incluindo éter etílico, diclorometano, acetato de etila, butanol e água. Foram avaliando parâmetros germinativos e morfológicos do bioteste, assim como uma triagem fitoquímica preliminar. As frações das folhas apresentaram elevada fitotoxicidade, sendo a fração éter etílico e diclorometano as mais potentes. A análise fitoquímica revelou a presença de diferentes grupos de metabolitos secundários de acordo com a polaridade do solvente. Assim, é notável que *D. erecta* apresenta fitoquímicos fitotóxicos promissores, com capacidade de auxiliar no controle integrado de plantas indesejadas.

Palavras-chave: Alelopatia. Fitoquímicos fitotóxicos. Índice de efeito alelopático.

¹Doutorando em Ciências Ambientais – Universidade Federal de Alfenas-MG, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais joao.barbosa@sou.unifal-mg.edu.br

²Mestranda em Ciências Ambientais – Universidade Federal de Alfenas-MG, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais thaina.nehme@sou.unifal-mg.edu.br

³Doutorando em Ciências Farmacêuticas – Universidade Federal de Alfenas-MG, Faculdade de Ciências Farmacêuticas renangnosia2019@gmail.com

⁴Pesquisador de pós-doutoramento no programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas - MG, antoniorodrigues.biologia@gmail.com

⁵Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas-MG – Faculdade de Ciências Farmacêuticas geraldo.silva@unifal-mg.edu.br

⁶Prof. Dr. Universidade Federal de Alfenas-MG – Instituto de Ciências da Natureza sandro.barbosa@unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

A produção agrícola pode ser afetada por plantas invasoras, que ocasionam competição por água, luz e nutrientes, elevando os custos de produção devido ao manejo dessas plantas. O controle químico de espécies invasoras, empregado em larga escala nas últimas décadas, levou ao desenvolvimento de resistência aos herbicidas utilizados. Atualmente, plantas indesejadas super-resistentes são relatadas em 95 culturas comerciais em todo o mundo, existindo 505 casos distribuídos em 264 espécies com resistência a 164 herbicidas (MARRONE, 2021). O rápido desenvolvimento de resistência em 21 dos 31 sítios de ação dos herbicidas torna necessária a descoberta de novos modos de ação (MOAs), distintos dos herbicidas comerciais. Contudo, desde a década de 1980, não houve significativa introdução de compostos com novos MOAs (DUKE & DAYAN, 2022).

A demanda por compostos para o controle de espécies indesejadas visa à extração e identificação de fitoquímicos fitotóxicos de materiais vegetais, fungos ou bactérias, os quais, aliados ao manejo integrado de ervas daninhas, constituem uma estratégia *eco-friendly* promissora (SCAVO et al., 2020). Produtos naturais são usados há séculos como pesticidas devido à sua diversidade estrutural e ampla e evoluída atividade biológica, sendo um caminho para a descoberta de novos locais-alvo (DAYAN & DUKE, 2014). Essa abordagem é menos propensa a causar contaminação do solo e da água devido à sua baixa persistência e geralmente apresenta menores efeitos adversos em organismos não-alvo (MEHDIZADEH & MUSHTAQ, 2020). Além disso, esses produtos naturais frequentemente empregam múltiplos modos de ação, o que reduz o desenvolvimento de resistência nas plantas-alvo (HASAN et al., 2021).

Para tanto, a bioprospecção de compostos bioativos com potencial alelopático apresenta-se como uma fonte promissora para a descoberta de novos MOAs e o desenvolvimento de produtos sustentáveis e com menores impactos ambientais. Dessa forma, a utilização de Bioensaios vegetais, especialmente pela técnica de fracionamento biomonitorado, utilizando a *Lactuca sativa* (alface), permite avaliar o efeito específico e pontual de cada uma das frações de forma sensível e precisa.

Pesquisas realizadas com *Duranta erecta* L. (Verbenaceae), um arbusto amplamente utilizado em paisagismo urbano e considerado em alguns países como planta invasora, demonstraram seu potencial como fonte de bioativos devido à sua rica composição bioquímica (flavonoides, saponinas, taninos e alcaloides), o que torna essa espécie importante em diversas linhas de pesquisa (CALVELLI et al., 2023; SAGAYA & ABDULRAHAMAN, 2023).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o extrato hidroetanólico de folhas de *D. erecta* através de técnicas de fracionamento biomonitorado e realizar uma triagem fitoquímica preliminar. Buscamos, assim, determinar a atividade fitotóxica de suas frações em diferentes polaridades através de bioensaios com *L. sativa*, avaliando seus parâmetros germinativos e morfológicos. Dessa forma, contribuindo para o desenvolvimento de programas de controle de plantas daninhas mais eficazes e ambientalmente sustentáveis, reduzindo os impactos negativos no ambiente agrícola.

METODOLOGIA

Preparo das amostras

A extração foi realizada pelo processo de percolação exaustiva hidroetanólica (1:1) (BRASIL, 2019). Em seguida os extratos foram concentrados em evaporador rotatório a 40°C seguido de liofilização sob pressão de 400 mmHg e armazenamento a -20°C. A partir do extrato seco foi realizado o fracionamento de funil de separação pelo processo de extração líquido-líquido. Obtendo-se as frações hexânica (FrHx), éter etílico (FrEE), diclorometano (FrDcM), acetato de etila (FrAcE), butanólica (FrBt) e aquosa (Fraq). As frações foram concentradas em capela de exaustão sob chapa de aquecimento a (40°C) até a eliminação do solvente.

Caracterização fitoquímica

As frações foram submetidas a reações químicas qualitativas para detectar os principais grupos de substâncias presentes, como alcaloides, antocianidinas, antraquinonas, compostos fenólicos, cumarinas, flavonoides, saponinas, taninos e

terpenos. Os testes foram realizados em triplicata, seguindo as metodologias descritas por Cardoso (2009).

Ensaio de Fitotoxicidade

Os bioensaios foram conduzidos em placas de Petri 70 mm de diâmetro contendo duas folhas de papel Germitest® umedecidas com 3 mL das frações FrEE; FrDcM, FrAcE, FrBt e FrAq, solubilizadas em Tween 80 à 4%, nas concentrações de 1200, 600 e 300ppm, sendo utilizado como controle água destilada (controle negativo) e solução de Tween 80 à 4% como testemunha. As placas foram mantidas em câmara de germinação a 24°C, com fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetros germinativos: A porcentagem de germinação foi calculada ao 7º dia (germinação final), e a velocidade de germinação (VG) foi analisado em intervalos de 24 horas, até o término do experimento (BORELLA et al., 2014; SANTOS et al., 2017).

Parâmetros morfológicos: A partir de 10 plântulas escolhidas aleatoriamente de cada repetição, foram mensurados o comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), medidas tomadas com auxílio de paquímetro digital. Em seguida, todas as plântulas foram pesadas, compondo a massa fresca (MF).

Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e cinco concentrações (5x5), com três repetições de 30 sementes cada. Os efeitos das frações foram analisados pelo método do índice de resposta (Responsive Index - RI) elaborado por Williamson & Richardson (1988). Os RI de cada parâmetro foi submetido à análise de variância por meio do teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) utilizando o programa Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fracionamento do extrato hidroetanólico de *D. erecta* L.

O fracionamento líquido-líquido de extrato foliar hidroetanólico apresentou

rendimento para avaliação fitotóxica apenas nas frações etér etílico (FrEE), dicloro metano (FrDcM), butanólica (FrBt), acetato de etila (FrAc) e aquosa (FrAq). Sendo a fração hexânica não foi utilizada nos bioensaios devido ao seu baixo rendimento e a baixa solubilidade em Tween 80 a 4%, limite esse previamente avaliado como sendo o de menor toxicidade ao bioensaio e maior grau de solubilidade das diferentes frações.

As frações foram submetidas a avaliações qualitativas para a presença dos metabolitos secundários de acordo com reações químicas descrita por Cardoso (2009). Onde pode ser identificado a presença de alcaloides, antocianidinas, antraquinona, compostos fenólicos, cumarinas, flavonoides, saponinas, taninos e terpenos (Tabela 1). Sendo que apenas compostos fenólicos foram identificados em todas as frações.

Tabela 1. Características fitoquímicas das frações Etér etílico (FrEE); Dicloro Metano (FrDcM); Butanólica (FrBt); Acetato de Etila (FrAc) e aquosa (FrAq) de folhas de *Duranta erecta* L.

	FrEE	FrDcM	FrBt	FrAcE	FrAq
Alcaloides	+	+	-	-	-
Antocianidinas	-	-	+	+	+
Antraquinona	-	-	-	-	-
Compostos fenólicos	+	+	+	+	+
Cumarinas	-	-	-	-	+
Flavonoides	-	-	+	-	+
Saponinas	-	-	+	-	+
Taninos	-	+	-	-	+
Terpenos	+	+	-	-	+

Bioensaios de fitotoxicidade de frações foliares de *D. erecta* L.

Foi observado uma alteração significativa na germinação final (Figura 1A) das sementes de *L. sativa* foi inibida nas concentrações de 600 e 1200 ppm para as frações FrEE e FrDcM. Em particular, a concentração de 1200 ppm da FrEE foi responsável por inibir 57% da germinação, enquanto as concentrações de 600 e 1200 ppm da FrDcM

apresentaram uma inibição aproximada de 23%.

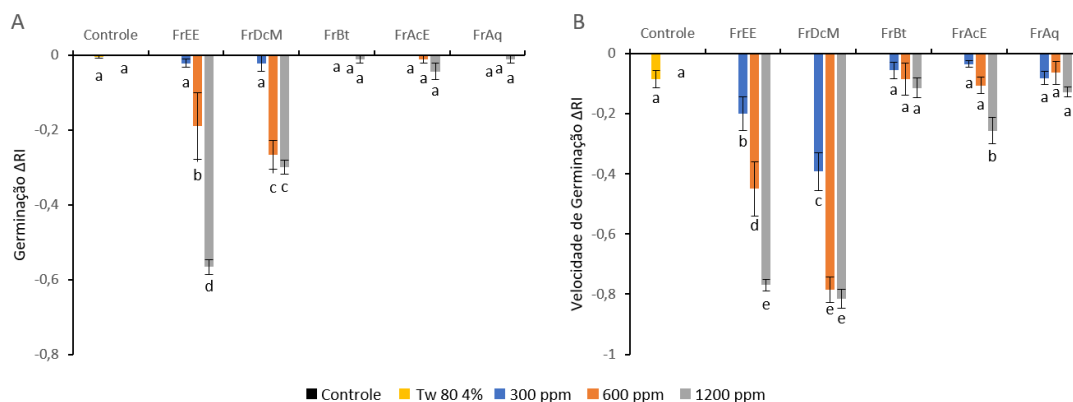


Figura 3. Índice de resposta dos parâmetros germinativos de *Lactuca sativa* L. submetidas as frações Eter etílico (FrEE); Dicloro Metano (FrDcM); Butanólica (FrBt); Acetato de Etila (FrAc) e aquosa (FrAq) de folhas de *Duranta erecta* L. e aos controles de água destilada e Tween 80 a 4% para os parâmetros de: (A) Germinação final, ao 7º dia e (B) Velocidade de germinação. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 5\%$)

Quanto ao vigor germinativo das sementes de *L. sativa* cv. Babá de Verão (Figura 1 B), o efeito alelopático foi mais pronunciado para as frações FrEE e FrDcM, as mesmas que causaram a redução da germinação. Essas frações também aumentaram significativamente o tempo médio de germinação no bioensaio, com um atraso médio de 79% para as concentrações de 600 e 1200 ppm da FrDcM e de 1200 ppm da FrEE. A FrAcE, em concentração de 1200 ppm, também afetou o processo germinativo, enquanto as outras frações não tiveram efeito nos parâmetros germinativos analisados.

O uso de Tween 80 a 4% como eluente para as frações polares e apolares mostrou-se eficaz em disponibilizar os fitoquímicos fitotóxicos para o bioensaio, sem causar efeitos prejudiciais na análise das frações de extrato de *D. erecta*. A utilização do Tween 80 foi estatisticamente equivalente ao controle de água destilada ($p < 0,05$).

O índice de resposta, que representa o efeito estimulatório (+) ou inibitório (-) do fenômeno da alelopátia, foi usado para analisar a interferência dos extratos vegetais. Esse efeito pode variar de acordo com a planta alvo e o processo extrativo, tornando-o um indicador importante para esse campo de estudo (CALVELLI et al., 2023; MEHAL et al., 2023; WANG et al., 2022; ZHAO et al., 2022). O emprego do índice de resposta (ou índice de efeito alelopático, conforme descrito por alguns autores) revelou-se

extremamente eficaz na avaliação dos parâmetros germinativos e morfológicos do bioensaio, permitindo uma interpretação prática dos efeitos alelopáticos das frações.

Os parâmetros morfológicos (Figura 2) de *L. sativa* foram intensamente afetados na maioria das frações avaliadas. O comprimento de parte aérea (CPA) na Figura 2A foi inibido em todas as concentrações e tratamentos. As frações que mais se destacaram foram novamente as FrEE e FrDcM, que, nas maiores concentrações, reduziram o CPA em média de 76%, enquanto a menor redução foi observada na concentração de 300 ppm da FrAcE, com 26% de inibição.

O comprimento de raiz (Figura 2B) foi o parâmetro morfológico mais prejudicado pelos tratamentos. Notavelmente, a FrEE não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em todas as concentrações testadas, promovendo uma redução de 91% no comprimento da raiz, assim como a concentração de 1200 ppm da FrDcM. Por outro lado, a concentração de 600 ppm exibiu um comportamento atípico para esse parâmetro, resultando em um estímulo de 13% no comprimento da raiz. As avaliações dos controles com Tween 80 a 4% e água destilada não apresentaram diferenças significativas.

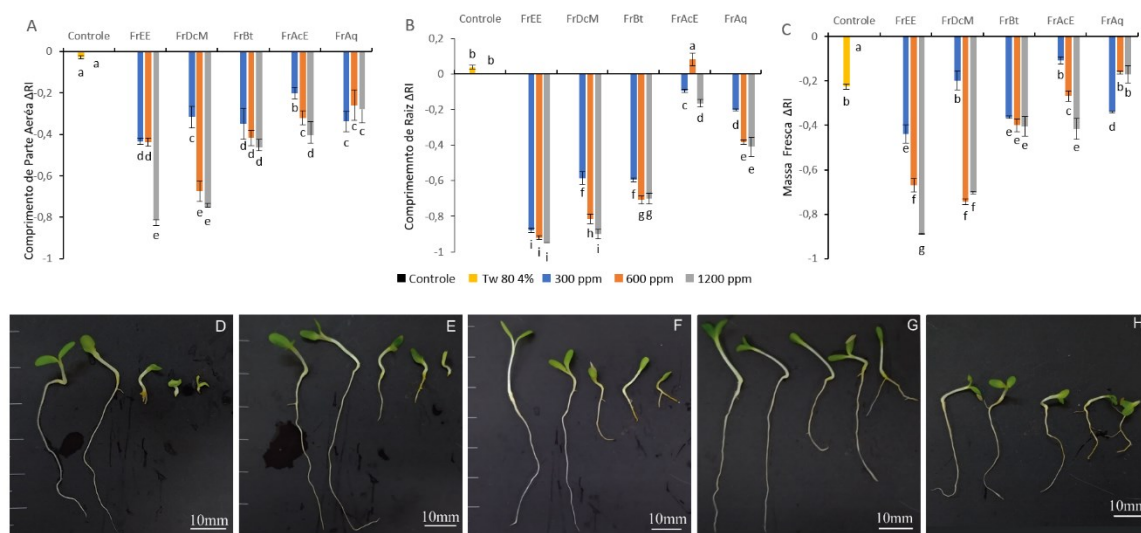


Figura 4. Características morfológicas de *Lactuca sativa* L. submetidas as frações Etér etílico (FrEE); Dicloro Metano (FrDcM); Butanólica (FrBt); Acetato de Etila (FrAc) e aquosa (FrAq) de extrato Hidroetanólico (50%) de folhas de *Duranta erecta* L. Onde A-C representa o Índice de resposta dos parâmetros (A) comprimento de parte aérea; (B) comprimento de raiz; (C) massa fresca; D-H apresenta fotografias das frações, onde as plântulas consistem respectivamente da esquerda para direita em controles de Tween 80 a 4% e água destilada e os tratamentos nas

concentrações de 300, 600 e 1200 ppm. Sedo (D) FrEE; (E) FrDcM; (F) FrBt; (G) FrAc; (H) FrAq. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

A massa fresca (Figura 2C) das plântulas foi afetada por todos os tratamentos e concentrações testados. O único parâmetro afetado pela utilização do Tween 80 a 4% foi a massa fresca, que sofreu um decréscimo de 22,6%. Esse efeito provavelmente está relacionado ao afinamento das raízes em comparação com o controle de água destilada. A redução na massa fresca foi mais significativa na concentração de 1200 ppm da Fração de Extrato Etanólico (FrEE), apresentando uma diminuição de 89%. As demais frações reduziram a massa fresca a partir da concentração de 600 ppm, com exceção da concentração de 300 ppm da Fração Aquosa (FrAq).

Os efeitos morfológicos nas plântulas de alface contrastaram nitidamente em relação às plantas do grupo controle, como pode ser observado nas imagens da Figura 2D-H. A presença de numerosas plântulas anormais foi verificada, especialmente quando expostas à FrEE, gerando danos que podem resultar em crescimento defeituoso e morte das plântulas, conforme descrito por Calvelli et al. (2023). Características como escurecimento das raízes e presença de raízes secundárias numerosas, bifurcadas e defeituosas foram verificadas na maioria dos tratamentos.

Devido ao contato direto das substâncias testadas, as raízes das plantas-alvo são mais afetadas pelos aleloquímicos do que a parte aérea e a germinação (CALVELLI et al., 2023; CHON & NELSON, 2010). No entanto, Matsumoto et al. (2010) identificou apenas a fração acetato de etila como inibidora da germinação e do crescimento da parte aérea, não observando diferença significativa para a radícula.

As diferenças nos efeitos observados nos aspectos germinativos e morfológicos das plântulas de alface estão relacionadas à polaridade do solvente utilizado durante o fracionamento (FILHO et al., 2017), bem como à diversidade de constituintes presentes em cada fração. Os compostos fenólicos, presentes em todas as frações, são descritos como uma grande família de compostos com inúmeras atividades biológicas, incluindo a alelopatia ou autotoxicidade. A presença desses compostos em todas as frações pode explicar os efeitos inibitórios na germinação das sementes, uma vez que derivados fenólicos possuem efeitos inibitórios (SANTOS et al., 2011)

Compostos como as saponinas, descritas por Hiradate et al. (1999) como durantaninas I, II e III, apresentaram inibição do crescimento dos hipocótilos e das raízes de *Brassica juncea*, podendo estar presentes nas Frações Aquosas (FrAq) e na Fração Butanólica (FrBt), que, embora não tenham inibido os processos germinativos, reduziram o desenvolvimento da raiz, especialmente para a FrBt, que teve efeito similar à FrDcM. Outras saponinas já identificadas para a espécie (durantaninas IV e V) demonstraram elevado potencial citotóxico contra a linhagem de células tumorais HepG2 e efeito letal contra *Artemia salina* (AHMED et al., 2009).

Singh et al. (2016) identificou o Durantol, a partir da fração acetônica, como uma forma alternativa de controle orgânico do míldio do sorgo, inibindo o crescimento do tubo germinativo e afetando a integridade da membrana do patógeno. Descrevendo ainda que a ação de saponinas associadas a esteroides, em extrato bruto, é preferível devido ao sinergismo dessas classes.

Alcaloides identificados por Calvelli et al. (2023) para esse mesmo espécime estudado, e descritos por Lukhitwitayawuid et al. (1993) como a tetrahidrostefabina, apresentam capacidade antimalárica e citotóxica. Enquanto a cefalezomina H, relatada por Morita & Yoshinaga (2002), é citotóxica potente frente a células de linfoma e de carcinoma (MORITA et al., 2000).

A presença de alcaloides nas frações etér etilica (FrEE) e diclorometano (FrDcM) pode ser determinante para a atividade fitotóxica mais acentuada dessas frações, visto que essa classe de metabolitos é amplamente conhecida por sua elevada citotoxicidade. A fração alcaloídica de *Crotalaria retusa* gerou inibição na germinação de até 60%, assim como alterações no sistema enzimático e fisiológico de *Phaseolus vulgaris* (Ogunsusi et al., 2018). Calvelli et al. (2023) observou-se que *D. erecta* apresenta efeito citotóxico, inibindo a divisão celular de *L. sativa*. Assim sendo, o reduzido desenvolvimento radicular pode estar relacionado a queda do índice mitótico.

As diferentes classes de compostos identificadas, como os compostos fenólicos, saponinas, alcaloides, taninos e terpenos provavelmente contribuíram para os efeitos inibitórios na germinação e no crescimento das plântulas de alface. Assim como, a polaridade do solvente utilizado durante o fracionamento também tem relação direta no

potencial fitotóxico da espécie.

CONCLUSÕES

A capacidade de provocar alteração sobre parâmetros germinativos e morfológicos de frações de *Duranta erecta* foi mais proeminente nas frações éter etílica e diclorometano, onde a presença de alcaloides, terpenos e taninos podem estar diretamente relacionados a atividade fitotóxica dessa espécie. Sendo que a inibição foi mais acentuada sobre a velocidade de germinação, alongamento de raiz e biomassa de *L. sativa*.

O índice de resposta se mostrou uma forma valiosa e precisa para a análise de experimentos que empregam bioteste vegetais. Sendo que os resultados demonstram que a *D. erecta* é uma espécie promissora como fonte de biomoléculas ativas para subsidiar a pesquisa e produção de alternativas no combate a plantas indesejadas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES - PDPG nº 1026/2022), Código de Financiamento 001. A FAPEMIG pelo fomento à pesquisa pelo APQ-01250-18. Ao CNPq e a Universidade Federal de Alfenas, Unifal-MG.

REFERÊNCIAS

AHMED, W. S.; MOHAMED, M. A.; EL-DIB, R. A.; HAMED, M. M. New triterpene saponins from *Duranta repens* Linn, and their cytotoxic activity. **Molecules**, v. 14, n. 5, p. 1952–1965, 2009.

BORELLA, J.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; DO AMARANTE, L.; DE MORAES, D. M.; VILLELA, F. A. Desempenho de sementes e plântulas de rabanete sob ação de extrato aquoso de folhas de *Trema micrantha* (Ulmaceae). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 108–116, 2014. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15193/13688>>.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira**. 6. ed. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária SIA Trecho 5, 2019. v. I903 p.

CALVELLI, J. V. B.; BETELLI, V. M.; BRAGA, D. V. B.; BASTOS, R. G.; CUNHA NETO, A. R.; VILEGAS, W.; SILVA, M. J. D.; SILVA, M. A. da; SILVA, G. A. da; BARBOSA, S. Phytochemical characterization and bioherbicide potential of *Duranta erecta* L. **Allelopathy Journal**, v. 60, n. 2, 2023.

CARDOSO, C. M. Z. **Manual de controle de qualidade de matérias-primas vegetais para farmácia magistral**. São Paulo: Pharmabooks, 2009. 148 p.

CHON, S.-U.; NELSON, C. J. Allelopathy in Compositae plants . A review To cite this version: Review article. **Agronomy Journal**, v. 30, n. 2, p. 349–358, 2010.

DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Natural Compounds as Next-Generation Herbicides. **Plant Physiology**, v. 166, n. 3, p. 1090–1105, 1 nov. 2014.

DUKE, S. O.; DAYAN, F. E. The search for new herbicide mechanisms of action: Is there a ‘holy grail’? **Pest Management Science**, v. 78, n. 4, p. 1303–1313, 1 abr. 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 20 dez. 2019.

FILHO, A. J. C.; SANTOS, L. S.; GUILHON, G. M. S. P.; ZOGHBI, M. D. G. B.; PORTS, P. S.; RODRIGUES, I. C. S. Triterpenoides, fenólicos e efeito fitotóxico das folhas de *Eugenia flavescens* DC (Myrtaceae). **Química Nova**, v. 40, n. 3, p. 252–259, 1 abr. 2017.

HASAN, M.; AHMAD-HAMDANI, M. S.; ROSLI, A. M.; HAMDAN, H. Bioherbicides: An eco-friendly tool for sustainable weed management **Plants Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, 15 jun. 2021.

HIRADATE, S.; YADA, H.; ISHII, T.; NAKAJIMA, N.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; SUGIE, H.; ZUNGSONTIPORN, S.; FUJII, Y. Three plant growth inhibiting saponins from *Duranta repens*. **Phytochemistry**, v. 52, n. 7, p. 1223–1228, 1999.

LUKHITWITAYAWUID, K.; ANGERHOFER, C. K.; CHAI, H.; PEZZUTO, J. M.; CORDELL, G. A. Cytotoxic and antimalarial alkaloids from the tubers of *Stephania Pierrei*. **Journal of Natural Products**, v. 56, n. 1, p. 1468–1478, 1993.

MARRONE, P. Prospects for bioherbicides. **Outlooks on Pest Management**, v. 32, n. 5, p. 214–217, 1 out. 2021.

MATSUMOTO, R. S.; RIBEIRO, J. P. N.; TAKAO, L. K.; LIMA, M. I. S. Potencial alelopático do extrato foliar de *Annona glabra* L. (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 631–635, 2010.

MEHAL, K. K.; KAUR, A.; SINGH, H. P.; BATISH, D. R. Investigating the phytotoxic potential of *Verbesina encelioides*: effect on growth and performance of co-occurring weed species. **Protoplasma**, v. 260, n. 1, p. 77–87, 2023.

MEHDIZADEH, M.; MUSHTAQ, W. Biological control of weeds by allelopathic compounds from different plants: A bioherbicide approach. In: EGBUNA, C.; SAWICKA, B. **Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control**. Academic Press, 2020. p. 107–117.

MORITA, H.; ARISAKA, M.; YOSHIDA, N.; KOBAYASHI, J. Cephalezomines A-F, Potent Cytotoxic Alkaloids from *Cephalotaxus harringtonia* var. nana. **Tetrahedron**, v. 56, n. 27, p. 2929–2934, 2000.

MORITA, H.; YOSHINAGA, M. Cephalezomines G, H, J, K, L, and M, new alkaloids from *Cephalotaxus harringtonia* var. nana. **Tetrahedron**, v. 58, p. 5489–5495, 2002.

OGUNSUSI, M.; AKINLALU, A. O.; KOMOLAFE, I. J.; OYEDAPO, O. O. Allelopathic effects of alkaloid fraction of *Crotalaria retusa* Linn on growth and some biochemical parameters of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris*). **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2018.

SAGAYA, A.; ABDULRAHAMAN, A. A. Systematic Implication of GC-MS Analysis of Secondary Metabolites in *Duranta erecta* L. Forms in Nigeria. **Sri Lankan J. Biol.**, v. 8, n. January, p. 23–33, 2023.

SANTOS, S. C. dos; DE OLIVEIRA, U. A.; TRINDADE, L. de O. R.; ASSIS, M. D. O.; CAMPOS, J. M. S.; SALGADO, E. G.; BARBOSA, S. Genotypes selection for plant bioassays using *Lactuca Sativa* L. and *Allium Cepa* L. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, n. 6, p. 2201–2212, 2017.

SANTOS, S.; MORAES, M. L. L.; REZENDE, M. O. O.; SOUZA FILHO, A. P. S. Potencial alelopático e identificação de compostos secundários em extratos de calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) utilizando eletroforese capilar. **Ecletica Química**, v. 36, n. 2, p. 51–68, 2011.

SCAVO, A.; PANDINO, G.; RESTUCCIA, A.; MAUROMICALE, G. Leaf extracts of cultivated cardoon as potential bioherbicide. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 1009024, 5 fev. 2020.

SINGH, H.; ZAMEER, F.; KHANUM, S. A.; GARAMPALLI, R. H. Durantol - a phytosterol antifungal contributor from *Duranta repens* Linn. For organic Management of Sorghum Downy Mildew. **European Journal of Plant Pathology**, v. 146, n. 3, p. 671–682, 2016.

WANG, C.; QI, J.; LIU, Q.; WANG, Y.; WANG, H. Allelopathic Potential of Aqueous Extracts from Fleagrass (*Adenosma buchneroides* Bonati) against Two Crop and Three Weed Species. **Agriculture 2022**, Vol. 12, Page 1103, v. 12, n. 8, p. 1103, 27 jul. 2022.

WILLIAMSON, B. G.; RICHARDSON, D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, n. 1, p. 181–187, 1988.

ZHAO, J.; YANG, Z.; ZOU, J.; LI, Q. Allelopathic effects of sesame extracts on seed germination of moso bamboo and identification of potential allelochemicals. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–9, 2022.