ATIVIDADE FITOTÓXICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Cyperus rotundus*

Mirela Verediano Izidio[1], Victória Calanzani Pires[1], Nicole Lima dos Santos[1], Maria Eliza Soares Queiroz[1], João Paulo de Morais Oliveira[1], Milene Praça Miranda Fontes[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, ES/ Laboratório Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais, Alto Universitário, S/N, Guararema- 29500-00 - Alegre- ES, Brasil, mirela.izidio@edu.ufes.br, vicalanzanip@gmail.com, nicolels3@icloud.com, mariaelizasqueiroz@gmail.com, joaopaulo.ueg@gmail.com, milenemiranda@yahoo.com.br

Resumo

O uso intensivo de herbicidas sintéticos na agricultura tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis no manejo de plantas daninhas, destacando os óleos essenciais com propriedades alelopáticas como promissores bioherbicidas. Diante disso, este estudo avaliou a atividade fitotóxica do óleo essencial de *Cyperus rotundus* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Sorghum bicolor* e *Lactuca sativa.* Os bioensaios demonstraram que, embora a germinação final tenha sofrido menores reduções nas doses mais baixas, o índice de velocidade de germinação (IVG) e o crescimento radicular e o aéreo foram severamente inibidos em ambas as espécies. As análises estatísticas e a PCA confirmaram que as maiores concentrações do óleo apresentaram efeito inibitório equivalente aos herbicidas sintéticos glifosato e 2,4-D, evidenciando seu elevado potencial bioherbicida e sua viabilidade como alternativa ecológica para o controle de plantas daninhas

Palavras-chave: Alelopatia. Bioherbicida. Fitotoxicidade. *Tiririca*.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas - Biologia Geral

Introdução

A produtividade das culturas agrícolas é constantemente ameaçada pela interferência de plantas daninhas, as quais competem diretamente por recursos essenciais como luz, água e nutrientes (Gazziero, 2015). O manejo dessas espécies se desenvolveu no intenso uso de herbicidas sintéticos, porém a dependência contínua dessas moléculas tem provocado o surgimento gradual de plantas daninhas resistentes aos principais herbicidas conhecidos comercialmente (Heap, 2020). Além de perder a eficácia, o uso de herbicidas sintéticos podem causar diversos impactos ambientais e ecológicos, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos, os impactos sobre microrganismos benéficos do solo e a permanência de resíduos de herbicidas no ambiente, com potencial de atingir diferentes organismos da cadeia alimentar (Heap, 2020).

Nesse contexto, as espécies indesejáveis e de difícil controle são um importante problema para a agricultura. A espécie *Cyperus rotundus* L., conhecida popularmente como tiririca, é considerada uma das plantas daninhas mais agressivas e problemáticas do mundo (Pego e Fialho, 2018). Sua elevada abundância, ampla distribuição e capacidade de reprodução por meio de estruturas subterrâneas, como os tubérculos, contribuem para a sua rápida disseminação e dificultam seu controle, podendo colocar em risco a produtividade de diversas culturas de importância econômica (Pego e Fialho, 2018).

Além da competição por recursos, a agressividade de *C. rotundus* também está relacionada ao seu potencial alelopático. A espécie produz e libera compostos fenólicos, como os ácidos caféico, ferúlico, cumárico, vanílico e cinâmico, (Pego e Fialho, 2018), que podem interferir no desenvolvimento de plantas próximas. Esses compostos podem afetar enzimas importantes para a germinação, como amilases e β-glucanases, reduzindo o índice de velocidade de germinação (IVG), aumentando a mortalidade celular e causando alterações no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular de plântulas (Pego e Fialho, 2018).

Diante do impacto ambiental dos agrotóxicos convencionais e da necessidade de combater plantas daninhas resistentes, surge a necessidade de procurar alternativas sustentáveis no manejo integrado

de plantas daninhas, tais como os bioherbicidas e o aproveitamento do potencial alelopático de extratos botânicos. O objetivo deste estudo é avaliar o efeito bioherbicida e o potencial alelopático do óleo essencial de *Cyperus rotundus* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* e *Sorghum bicolor.*

Metodologia

O óleo essencial de *Cyperus rotundus* L. foi obtido a partir de rizomas higienizados e triturados. A extração foi realizada por hidrodestilação em aparelho de Clevenger. Após o início da fervura, o sistema foi mantido por aproximadamente 20 minutos e, após esse tempo, a temperatura foi reduzida, mantendo a extração por quatro horas. O rendimento do óleo essencial foi de 1,389g de óleo essencial obtido ao final das extrações. O óleo essencial foi coletado e armazenado em congelador até o preparo das soluções.
O óleo essencial bruto foi solubilizado com auxílio do Tween 20, a partir dessa emulsão inicial, foram realizadas diluições com água destilada para obtenção das quatro concentrações utilizadas nos experimentos: 2.500, 5.000, 7.500 e 10.000 $mg \cdot L^{-1}$.
Os bioensaios foram realizados com sementes de *Lactuca sativa* L. (alface) e *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo), em condições controladas de temperatura e luminosidade em câmara de geminação do tipo BOD. Foram avaliados oito tratamentos, sendo quatro concentrações do óleo essencial de *C. rotundus* (2.500, 5.000, 7.500 e 10.000 $mg \cdot L^{-1}$) e quatro controles: água destilada como controle negativo, Tween como solvente e os herbicidas glifosato e 2,4-D como controles negativos.
Cada tratamento contou cinco repetições, contendo 25 sementes cada, totalizando 125 sementes por tratamento para cada espécie estudada. As sementes foram distribuídas em placas de Petri forradas com papel filtro, umedecido com 2,5mL de cada solução. As placas de petri foram distribuídas de forma aleatória no interior da BOD, a qual foi mantida à temperatura de 25,0°C e fotoperíodo de 12 horas durante o período de avaliação.
A germinação foi monitorada a cada oito horas durante as primeiras 48 horas do experimento. Ao final desse período, foi avaliado o comprimento radicular com auxílio de paquímetro digital. No quinto dia, 120 horas após a montagem do experimento, foi avaliado o crescimento da parte aérea utilizando o mesmo método. As variáveis avaliadas foram: percentual de germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento radicular (mm) e comprimento da parte aérea (mm).
Os dados foram analisados no software R, versão 4.4.2. Após a verificação da normalidade dos dados pelo teste de Shapiro- Wilk e da homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene, foi realizada a análise de variância (ANOVA) unifatorial ($p < 0,05$). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e, para comparação com controle negativo, foi utilizado o teste de Dunnett ($p < 0,05$). Também foi realizada a análise de componentes principais (PCA), para avaliar conjuntamente o padrão de resposta das variáveis analisadas.

Resultados

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo ($p < 0,01$) de todos os tratamentos sobre os parâmetros de germinação e crescimento inicial de plântulas em ambas as espécies testadas (*S. bicolor* e *L. sativa*). Os elevados coeficientes de determinação ($R^2 \geq 0,81$) confirmaram que a maior parte da variação observada foi explicada pelos tratamentos aplicados. Os dados observados no sorgo estão apresentados na tabela 1.

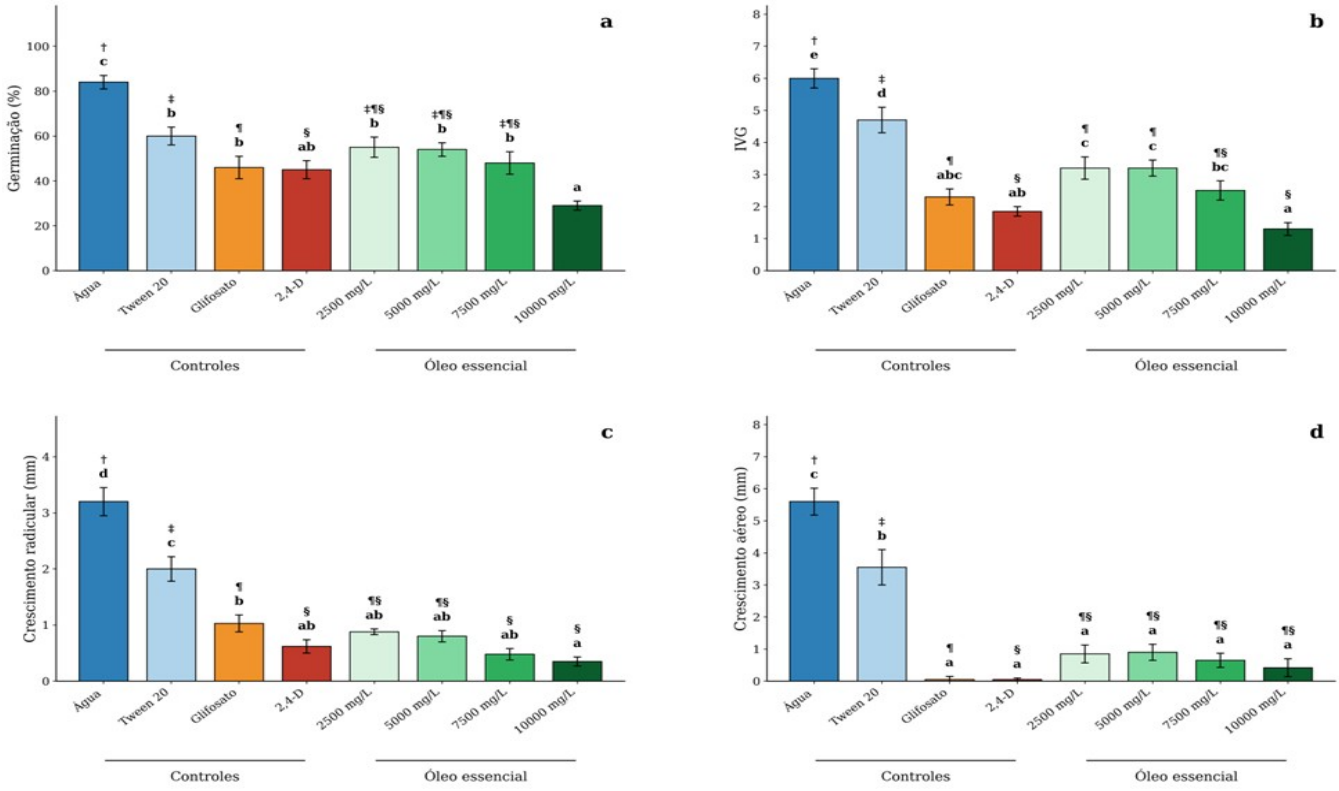
Tabela 1 - Análise de variância (ANOVA) para a germinação, IVG, comprimento radicular e aéreo de *Sorghum bicolor* submetido aos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Germinação (%)	IVG	Comp. radicular (mm)	Comp. aéreo (mm)
Tratamento	7	1243,81**	11,91**	4,54**	19,66**
Resíduo	32	64,11	0,2865	0,0852	0,4160
F		19,40	41,56	53,25	47,27
R^2 (η^2)		0,81	0,90	0,92	0,91

Fonte: elaborado pela própria autora.

Em *S. bicolor*, a germinação no controle negativo água foi de 84%, reduzindo significantemente nos demais tratamentos. O solvente Tween e o herbicida glifosato reduziram a taxa de 60% e 46%, respectivamente. Com relação às concentrações do óleo essencial (2.500, 5.000, 7.500 e 10.000 mg·L⁻¹) resultaram em taxas entre 54% e 55%, não apresentando diferença estatística entre si. O maior efeito inibitório ocorreu na concentração de 10.000 mg·L⁻¹, na qual a germinação caiu para 29%.
O índice de velocidade de germinação (IVG) respondeu de forma gradual às diferentes concentrações aplicadas. O maior valor verificado foi na água (6,0), enquanto as concentrações do óleo essencial promoveram redução progressiva: 3,2 nas doses de 2.500 e 5.000 mg·L⁻¹; 2,5 a 7.500 mg·L⁻¹; e 1,3 na dose máxima de 10.000 mg·L⁻¹, equivalente ao 2,4-D, 1,85).
Para crescimento radicular (0,35 a 0,88 mm) e da parte aérea (0,42 a 0,90 mm), todas as concentrações do óleo essencial promoveram inibição severa e estatisticamente equiparável ao controle positivo 2,4-D ($p < 0,05$). No caso da parte aérea, o óleo essencial controlou o desenvolvimento inicial mesmo na menor concentração testada (2.500 mg·L⁻¹), mostrando desempenho fitotóxico similar aos herbicidas sintéticos (Figura 1).

Figura 1 - Parâmetros germinativos e de crescimento de *Sorghum bicolor* submetido a diferentes concentrações do óleo essencial de *C. rotundus* e controles



Fonte: elaborado pela própria autora.

Para a alface, a ANOVA também evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis fisiológicas (tabela 2).

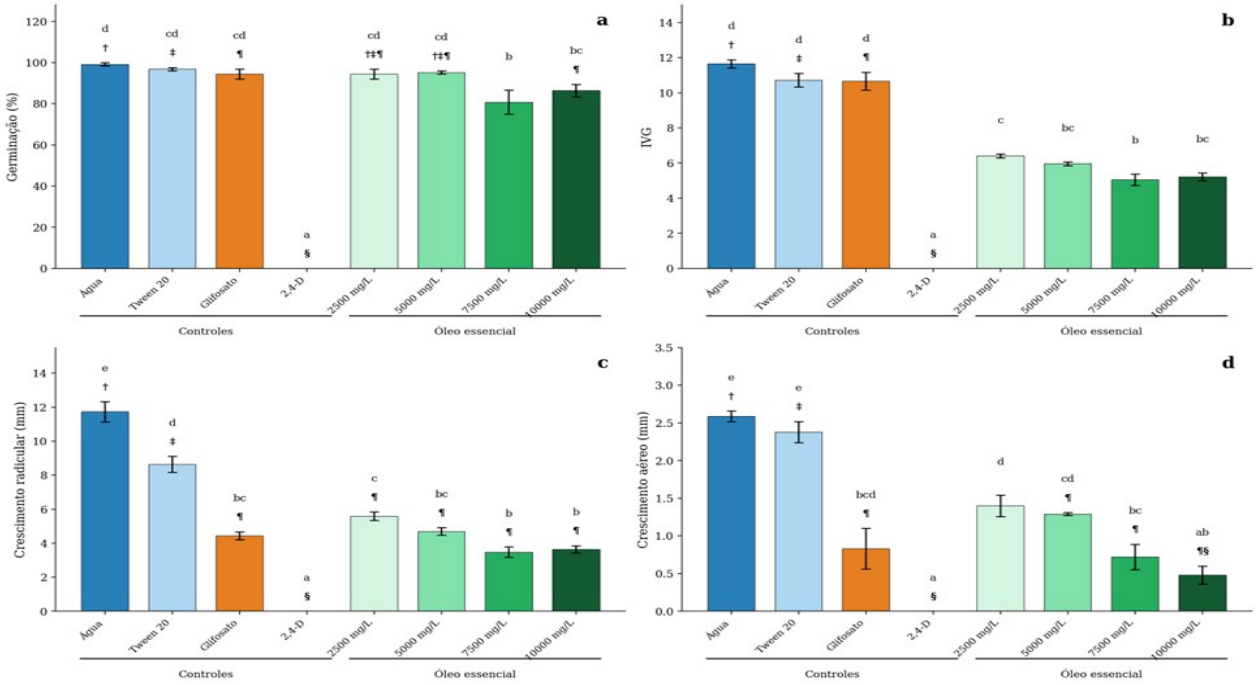
Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA) para a germinação, IVG, comprimento radicular e aéreo de *Lactuca sativa* submetida aos tratamentos.

Fonte de Variação	GL	Germinação (%)	IVG	Comp. radicular (mm)	Comp. aéreo (mm)
Tratamento	7	5538,51**	75,87**	62,79**	4,06**
Resíduo	32	33,20	0,4094	0,5394	0,1040
F		166,82	185,32	116,41	39,05
R^2 (η^2)		0,97	0,98	0,96	0,90

Fonte: elaborado pela própria autora.

Em *L. sativa*, as concentrações de 2.500 e 5.000 mg·L⁻¹ do óleo essencial não afetaram o percentual final de germinação (94% e 95%), se igualando aos controles com água (95%), Tween (97%) e glifosato (94%). Nas doses mais elevadas (7.500 e 10.000 mg·L⁻¹), a germinação reduziu para 81% e 86%, respectivamente. O controle com 2,4-D causou inibição total da germinação (0%).
Embora as concentrações mais baixas não tenham reduzido a germinação final, o IVG foi expressivamente retardado em todos os tratamentos contendo óleo essencial (4,9 a 6,4), diferindo dos controles com água, Tween e glifosato (10,7 a 11,7).
O desenvolvimento da raiz e da parte aérea de *L. sativa* foi severamente afetado em todas as concentrações do óleo essencial. O comprimento radicular, que atingiu 11,7 mm na água, reduziu para 5,6 mm a 2.500 mg·L⁻¹ e estagnou em patamares entre 3,4 e 4,6 mm nas demais concentrações, acompanhando a inibição causada pelo glifosato (4,4 mm). O crescimento aéreo também declinou progressivamente com aumento da dose (1,42 mm a 2.500 mg·L⁻¹ até 0,49 a 10.000 mg·L⁻¹ se aproximando do efeito do glifosato 0,82 mm) (Figura 2).

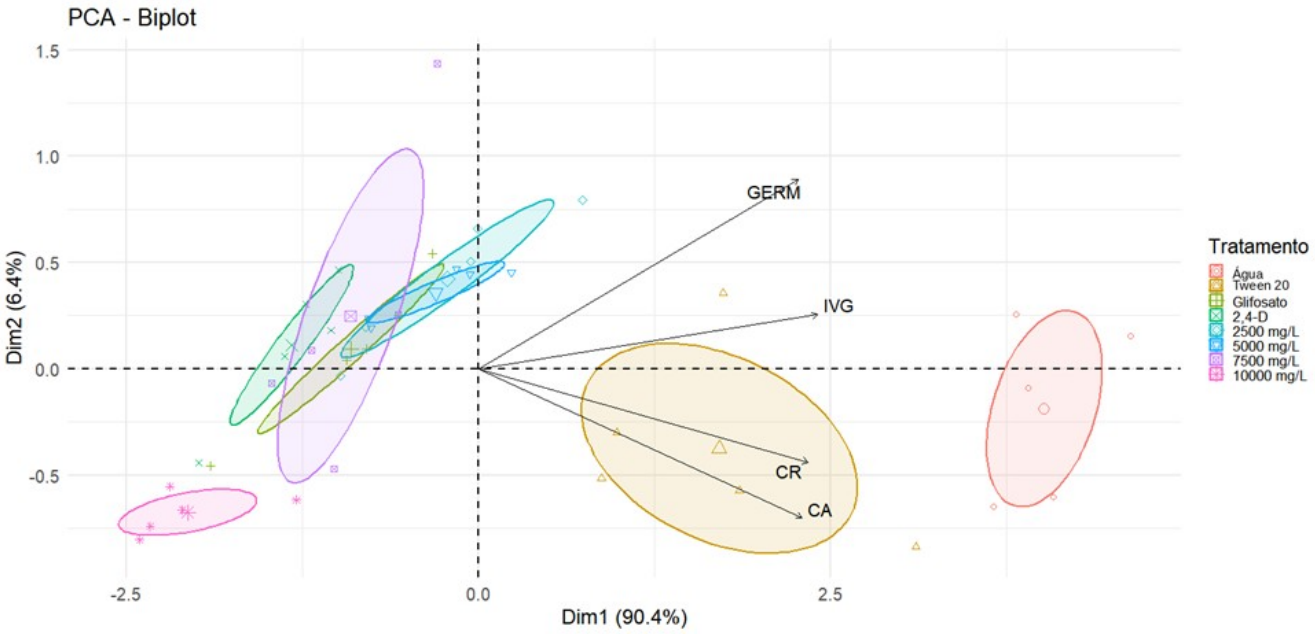
Figura 2 - Parâmetros germinativos e de crescimento de *Lactuca sativa* submetida a diferentes concentrações do óleo essencial de *C. rotundus* e controles



Fonte: elaborado pela própria autora.

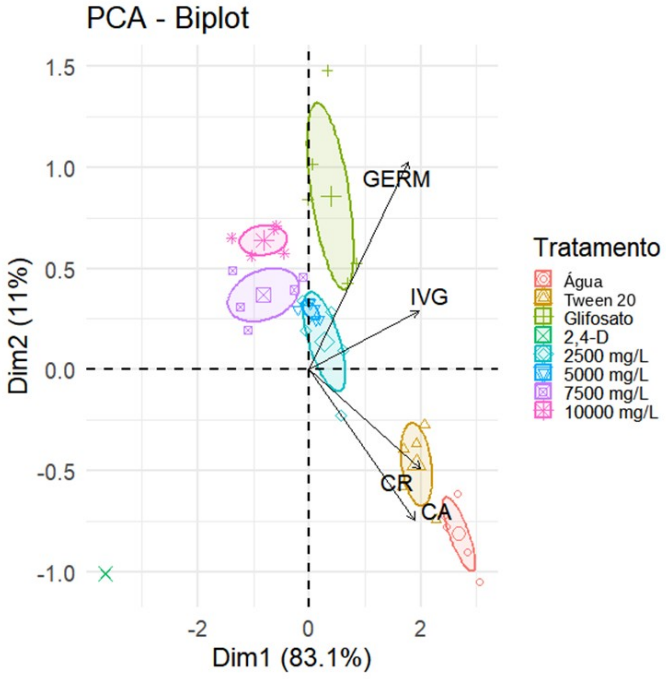
A análise de componentes principais (PCA) resumiu a variabilidade total 96,8% para *S. bicolor* (Dim1= 90,4%; Dim2= 6,4%) e 94,1% para *L. sativa* (Dim1= 83,1%; Dim2= 11,0%) (Figuras 3 e 4).
Em ambas as espécies, a representação *biplot* revelou separação clara entre o controle negativo (água), associado aos maiores vetores de crescimento de vigor, e os tratamentos com óleo essencial nas concentrações mais elevadas, que se posicionaram no lado oposto dos eixos ao lado dos herbicidas sintéticos (glifosato e 2,4-D), comprovando o forte perfil inibitório e bioherbicida do óleo essencial de *C. rotundus.*

Figura 3 - *Biplot* da Análise de Componentes Principais (PCA) para os parâmetros fisiológicos de *Sorghum bicolor*.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Figura 4 - *Biplot* da Análise de Componentes Principais (PCA) para os parâmetros fisiológicos de *Lactuca sativa*.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Discussão

Os resultados demonstraram o potencial fitotóxico do óleo essencial de *Cyperus rotundus* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* e *Sorghum bicolor.* A diferença na resposta entre as espécies indica que o óleo apresentou diferentes níveis de sensibilidade sobre a plantas avaliadas.

Embora a germinação tenha apresentado menor redução, o atraso observado no IVG indica que o óleo essencial interferiu no processo de germinação. Esse efeito pode estar relacionado à ação de compostos presentes no óleo, capazes de alterar processos metabólicos importantes para a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas.
A maior redução foi observada no crescimento radicular e da parte aérea, principalmente nas maiores concentrações avaliadas. A redução do crescimento radicular mesmo na menor concentração testada (2.500 $mg \cdot L^{-1}$) reforça a sensibilidade dessa estrutura aos componentes presentes no óleo essencial. Esses efeitos podem estar relacionados à interferência no processo de divisão celular.
Além disso, os resultados das maiores concentrações do óleo essencial apresentaram respostas semelhantes às observadas para os herbicidas utilizados como controles positivos, indicando o potencial do óleo de *C. rotundus* para o controle do desenvolvimento inicial das espécies avaliadas. A PCA também mostrou a separação entre os tratamentos, com as maiores concentrações do óleo apresentando comportamento semelhante aos herbicidas sintéticos.

Conclusão

O óleo essencial de *Cyperus rotundus* apresenta expressiva atividade fitotóxica sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de *Sorghum bicolor* e *Lactuca sativa*. A inibição do crescimento da raiz e da parte aérea ocorre mesmo nas menores concentrações, com eficácia bioherbicida equivalente à dos herbicidas sintéticos comerciais (glifosato e 2,4-D) nas doses mais elevadas.

Referências

AKTAR, M. W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. I**mpact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards.** Interdisciplinary Toxicology, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2009.

GAZZIERO, D. L. P. et al. **Manejo de plantas daninhas.** In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Soja: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Editora UFV, cap. 11, p. 234-255, 2015.

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide-Resistant Weed Database.** 2020.

PEGO, R. G.; FIALHO, C. A. **Levantamento fitossociológico e potencial alelopático de extratos de *Cyperus rotundus L.*** Revista Ciências Agrárias, 2018. (Substitua pelos dados exatos da revista/evento onde você consultou o artigo de Pego & Fialho).

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, e ao LABCITO pela disponibilização da estrutura laboratorial e todo o suporte técnico concedido para a realização deste trabalho.