

Efeitos de dois contaminantes emergentes no crescimento de *Salvinia auriculata*

¹ Laiane Neri Sant'ana

² Irineu Bianchini Júnior

³ Marcela Bianchessi da Cunha-Santino

Água, recursos hídricos e drenagem urbana

Resumo

Os contaminantes emergentes são substâncias que têm sido encontradas com frequência nos diversos compartimentos ambientais, como solo, ar e água. Esses compostos geram preocupações acerca de seus potenciais efeitos negativos sobre a integridade da biota, como queda na fertilidade, diminuição do crescimento e até mesmo a morte. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos de dois contaminantes emergentes, o bisfenol A e a progesterona sintética, sobre o crescimento de *Salvinia auriculata*. Acredita-se que ambos os contaminantes interfiram no crescimento dessa macrófita aquática. Foram avaliados os efeitos de 1,0 g/L de bisfenol A e 0,525 mg/L de progesterona sintética no crescimento de *S. auriculata*. Para tanto, as áreas foliares de *S. auriculata* foram medidas. Após uma semana, todos os exemplares submetidos ao bisfenol A morreram, enquanto os expostos à progesterona sintética apresentaram maior crescimento em relação ao controle (sem presença do contaminante). Nas concentrações testadas, o bisfenol A foi altamente tóxico, enquanto a progesterona sintética exerceu um efeito positivo no crescimento de *S. auriculata*, sugerindo que contaminantes emergentes podem provocar diferentes respostas fisiológicas, dependendo de sua composição e concentração.

Palavras-chave: contaminantes emergentes, macrófitas, ecossistemas aquáticos, bisfenol A, progesterona

¹ Universidade Federal de São Carlos/PPG-ERN. laiane.neri.santana@gmail.com

² Universidade Federal de São Carlos/ DHb. irineu@ufscar.br

³ Universidade Federal de São Carlos/ DHb. cunha_santino@ufscar.br

INTRODUÇÃO

Os contaminantes emergentes são substâncias derivadas do estilo de vida e dos métodos de produção contemporâneos, incluindo, por exemplo, pesticidas, cosméticos, aditivos industriais, medicamentos, cafeína e microplástico. Eles podem

permanecer no ambiente por longos períodos e ser de difícil remoção através dos métodos tradicionais de tratamento (Rodrigues, 2018; Nayak, 2024). O aumento progressivo na geração desses contaminantes tem acentuado tanto a frequência quanto a concentração com que essas substâncias são detectadas no ambiente (Montagner, 2017). Nos ambientes aquáticos, o bisfenol A e a progesterona sintética são dois contaminantes emergentes que possuem algumas características em comum, como o fato de ambos serem compostos orgânicos sintéticos com potencial para disrupção endócrina (Scippo, 2003; Rubin, 2011).

O bisfenol A é um composto industrial utilizado na produção de plásticos, como policarbonatos, e em resinas aplicadas no revestimento interno de embalagens de alimentos. O bisfenol A tem sido cada vez mais detectado nos ambientes aquáticos, aterros sanitários e estações de tratamento de água devido à sua alta produção. Além disso, pode desprender-se das embalagens e transferir-se para o ambiente, sobretudo em altas temperaturas (Bernardo et al., 2015). A progesterona, por sua vez, é um hormônio esteróide que pode ser natural ou sintético. A progesterona sintética é um fármaco utilizado em tratamentos pós-menopausa, endometriose, disfunções hormonais e como contraceptivo (Fabbris; Nicolini, 2016).

Salvinia auriculata é uma macrófita livre e flutuante comumente encontrada em lagos e reservatórios de água doce no Brasil. Sob condições ambientais favoráveis, seu crescimento é rápido, podendo colonizar grandes áreas no curto-prazo. Sua utilização como bioindicador é interessante devido à sensibilidade e ao crescimento acentuado que apresenta quando submetida a agentes tóxicos (Wolff et al., 2012).

Considerando que a presença de estressores, como os contaminantes emergentes, possa comprometer a sobrevivência das macrófitas, o objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos do bisfenol A e da progesterona sintética, dois contaminantes emergentes comumente encontrados nos ambientes aquáticos, no crescimento de *Salvinia auriculata*.

METODOLOGIA

Indivíduos de *S. auriculata* foram coletados na Represa do Monjolinho, localizada na Universidade Federal de São Carlos (-21.985536, -47.878056). Os bioensaios de crescimento foram realizados em laboratório, sob condições controladas ($4,31 \times 10^{-3} \mu\text{mol sec}^{-1} \text{cm}^{-2}$ de intensidade luminosa, luz; $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$, fotoperíodo: 12 h/12 h claro:escuro).

Os exemplares selecionados para os bioensaios foram plantas sem sinais de herbivoria, com vigor, e que se encontravam no mesmo estágio de crescimento. Para testar o efeito de cada contaminante, foram utilizados 50 exemplares de *Salvinia auriculata* para o tratamento controle (TC) e 50 para cada tratamento com contaminante (progesterona: TP e bisfenol A: TB). No tratamento com bisfenol A, foi utilizada a concentração de 1,0 g/L, e para a progesterona sintética, a concentração de 0,525 mg/L. A adoção de 1 g/L de bisfenol A foi baseada em testes in vitro com organismos aquáticos (Yin et al., 2007; Drastichová et al., 2005), e a de progesterona, em bioensaios com *S. auriculata* (Sant'ana, 2023). O período experimental foi de 5 semanas.

Semanalmente, os exemplares foram fotografados com o auxílio de uma plataforma com base milimetrada, com suporte para a câmera mantido a 20 cm das amostras. As fotos foram inseridas posteriormente no software ImageJ (versão 5.2), no qual a área foliar (cm^2) de cada exemplar foi mensurada. A normalidade dos resultados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Como a suposição de normalidade não foi confirmada, optou-se por realizar a análise não paramétrica utilizando o Teste t de Student não pareado, para avaliar a ocorrência de diferenças significativas ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O boxplot da Figura 1 mostra a distribuição da área foliar (cm^2) entre os TC e TP. Ao considerarmos as medianas, as distribuições foram semelhantes, indicando que a posição central das áreas foliares medidas foram próximas (ca. $2,0 \text{ cm}^2$). Observou-se diferença significativa nos resultados entre TC e TP ($p < 0,05$). A

progesterona sintética teve efeito estimulante sobre o crescimento da *S. auriculata*. Ao longo do experimento foi possível observar que as plantas apresentaram brotamento de novas folhas e aumento da área foliar (Figura 2).

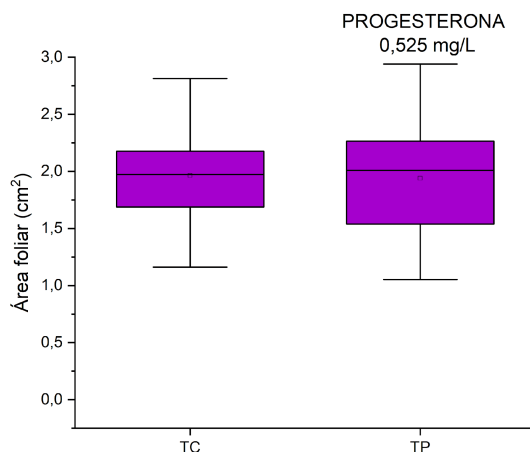


Figura 1 – Boxsplot com a comparação da área foliar de *Salvinia auriculata* entre o tratamento controle (TC) e o tratamento progesterona (TP).

Em contrapartida, o bisfenol A mostrou-se altamente tóxico para *S. auriculata*. O boxsplot da Figura 2 mostra a distribuição da área foliar (cm²) entre os TC e TB. O TC apresentou mediana de 1,75 cm² e uma variação na área foliar no intervalo de 1,25 a 2,25 cm².

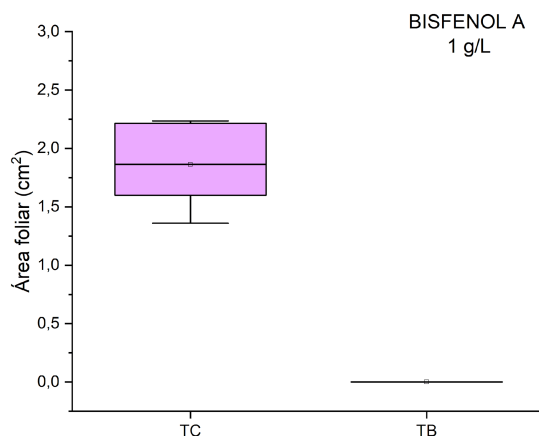


Figura 2 – Boxsplot com a comparação da área foliar de *Salvinia auriculata* entre o tratamento controle (TC) e o tratamento bisfenol A (TB).

O TB apresenta área foliar igual zero com ausência de caixa e bigodes. Em 24 horas, as plantas já apresentavam tonalidade anômala (amarelo intenso) e as folhas começavam a escurecer. Após sete dias, todos os exemplares expostos ao contaminante morreram. Ao final do experimento (uma semana), tanto o meio de crescimento quanto as folhas e raízes dos exemplares adquiriram uma coloração marrom escura, em função da senescência e da perda do turgor celular, que liberou os compostos hidrossolúveis dos detritos de *S. auriculata* (Figura 3).

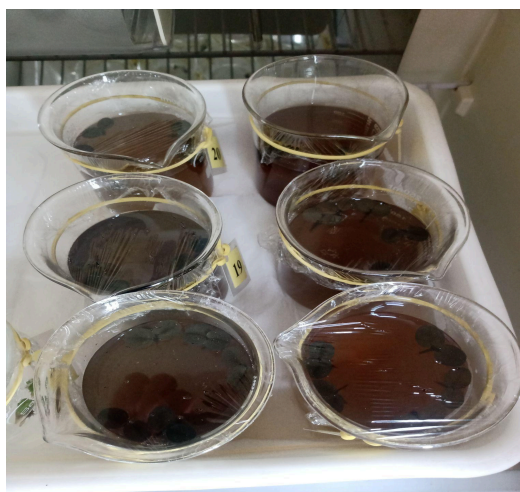


Figura 3 – Bioensaios de crescimento de *Salvinia auriculata* em meio enriquecido com 1,0 g/L de Bisfenol A (TB após 7 dias de experimento).

Embora os estudos sobre contaminantes emergentes em macrófitas ainda sejam escassos, diversos experimentos têm demonstrado que essas substâncias podem inibir o crescimento dessas plantas. *Ricciocarpus natans*, quando exposta ao surfactante dodecil sulfato de sódio, apresentou efeitos negativos em seu crescimento (Araújo, 2022). Bourgeade et al. (2021) analisaram o efeito de 10 mg/L de bisfenol A no crescimento de *Lemna minor* durante sete dias e observaram uma redução significativa na área foliar e no número de folhas da macrófita. Além disso, as células foliares de *Ceratophyllum demersum* apresentaram danos nas estruturas de organelas e membranas quando expostas ao bisfenol F (Han et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de contaminantes emergentes no ambiente tem se tornado cada vez mais frequente, e sua interação com a biota aquática e outras substâncias pode ser imprevisível. Por isso, é fundamental realizar estudos sobre o impacto dessas substâncias nos ecossistemas. O bisfenol A (1,0 g/L) mostrou-se tóxico, causando um efeito drástico na área foliar, levando à senescência e morte de *S. auriculata* na primeira semana de experimento. Por outro lado, a progesterona sintética (0,525 mg/L) estimulou o crescimento da planta, resultando no aumento de sua área foliar ao longo do tempo. Estudos como este são importantes para demonstrar a toxicidade dos contaminantes emergentes em ambientes aquáticos e o potencial das macrófitas aquáticas de bioacumular, biorremediar ou biomagnificar esses contaminantes devem ser exploradas tanto para a compreensão dessas interações quanto como uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos e dos ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. S. **Contaminante emergente: investigação da atenuação no crescimento da macrófita aquática (*Ricciocarpus natans*) exposta ao surfactante**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022.
- BERNARDO, P. E. M.; NAVAS, S. A.; MURATA, L. T. F.; ALCÂNTARA, M. R. S. Bisphenol A: review on its use in the food packaging, exposure and toxicity. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 1, p. 1-11, 2015.
- BOURGEADE, P. et al. Growth, pigment changes, and photosystem II activity in the aquatic macrophyte ***Lemna minor*** exposed to bisphenol A. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 68671-68678, 2021.
- DRASTICHOVÁ, J. et al. Effect of exposure to bisphenol A and 17 β -estradiol on the sex differentiation in zebrafish (*Danio rerio*). **Acta Veterinaria Brno**, v. 74, p. 287–291, 2005.
- FABBRIS, E. Z.; NICOLINI, K. P. Detecção de progesterona em tecidos vegetais de *Lactuca* sp. por espectroscopia. **Mundi Saúde e Biológicas**, v. 1, n. 2, p. 9-25, 2016.
- HAN, H. et al. Impacts of bisphenol A on growth and reproductive traits of submerged macrophyte *Vallisneria natans*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 16, p. 46383-46393, 2023.
- MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.
- NAYAK, A. et al. Removal of emergent pollutants: a review on recent updates and future perspectives on polysaccharide-based composites vis-à-vis traditional adsorbents. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 258, n. 2, 2024.
- RODRIGUES, J. S. et al. Presence of drugs and hormones in water: a scientometric analysis. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 6, p. 1-22, 2018.
- RUBIN, B. S. Bisphenol A: an endocrine disruptor with widespread exposure and

multiple effects. **The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v. 127, p. 27-34, 2011.

SANT'ANA, L. N. **Avaliação do efeito da progesterona sintética em macrófitas (*Salvinia auriculata*)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, 2023.

SCIPPO, M. L. et al. Recombinant human estrogen, androgen and progesterone receptors for detection of potential endocrine disruptors. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 378, p. 664-669, 2023.

WOLFF, G. et al. The use of *Salvinia auriculata* as a bioindicator in aquatic ecosystems: biomass and structure dependent on cadmium concentration. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 1, p. 71-77, 2012.

YIN, D. et al. Immunotoxicity of bisphenol A to *Carassius auratus* lymphocytes and macrophages following in vitro exposure. **Journal of Environmental Sciences**, v. 19, n. 2, p. 232-237, 2007.