Aprendendo Ciência

ISSN 2237-8766

E-MAIL:
APRENDENDO.CIENCIA@HOTMAIL.COM

Risco dobrado? A sinergia dos efeitos dos agrotóxicos e dos aumentos de temperatura em anfíbios

Rafaela Aparecida dos Reis Couto[1*]
Rodrigo Vitor de Mendonça Gaspar[1]
Katieny Ferreira de Souza[1]
Juliane Silberschmidt Freitas[2]

[1]Curso de graduação em Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru – UNESP.
[2]Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru – UNESP.
*rafaela.couto@unesp.br

Palavras-chave:
Bioindicador
Ecotoxicologia
Estresse térmico
Inseticidas organoclorados

A utilização de agrotóxicos no Brasil data desde o período Pós-Guerra, em meados de 1940, com a introdução do diclorodifeniltricloroetano (DDT), um inseticida organoclorado utilizado também no combate à leishmaniose e à malária, o qual foi amplamente comercializado em todo o mundo devido a sua alta eficácia e baixo custo. Porém, com o passar dos anos, notaram-se associações entre a expansão do uso do inseticida à perda de biodiversidade, as quais foram, mais tarde, evidenciadas pela publicação da obra de Rachel Carson "Primavera Silenciosa" em 1962, indicando que este composto estava ligado à diminuição da população de aves, sendo uma delas símbolo dos Estados Unidos, a Águia-careca (*Haliaeetus leucocephalus*). Em decorrência dos efeitos prejudiciais, em 1972, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA baniu o DDT. No Brasil, o uso do DDT continuou para o combate a endemias, principalmente a malária, por mais de duas décadas. Em 1998, seu uso em endemias foi suspenso, mas a proibição definitiva do DDT em todo o território nacional, incluindo a proibição de sua fabricação e comercialização, só foi efetivada pela Lei nº 11.936, de 2009.

Em relação ao consumo global de agrotóxicos, o Brasil encontra-se constantemente no *ranking* dos maiores consumidores.

O país chegou ao número recorde de 663 agrotóxicos permitidos, entre eles muitas moléculas já proibidas na União Europeia (UE). Além do elevado número de moléculas utilizadas, os limites dessas substâncias estabelecidas para a água pela legislação brasileira atingem valores muitas vezes maiores do que aqueles permitidos na UE. As consequências desse cenário são críticas para a saúde pública, mas geram também grandes preocupações associadas à saúde dos ecossistemas e de espécies silvestres.

Diversos estudos mostram que os agrotóxicos podem gerar efeitos negativos a diversos organismos não-alvo, dentre eles os anfíbios. Resíduos destes produtos atingem os ecossistemas aquáticos por meio de processos como a **lixiviação** e **escoamento superficial**, acarretando ampla contaminação.

Muitas espécies de anfíbios brasileiras, entretanto, se reproduzem em lagoas temporárias, que são corpos d'água de baixo volume formados em áreas de alagamento após intensos períodos de chuva, inclusive em meio às áreas agrícolas. Quando esses animais depositam seus ovos, seus estágios embrionários e larvais entram em contato com os contaminantes e, assim que eclodem, são facilmente intoxicados devido a sua pele altamente permeável (Figura 1).

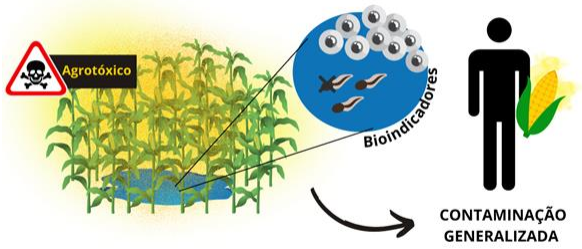

Figura 1. Esquema ilustrativo demonstrando a exposição de anfíbios aos agrotóxicos em sistemas de campo abertos, a temperatura nesse cenário é crucial, modulando a persistência dos agrotóxicos no solo e na água, além de afetar a permeabilidade da pele destes animais, tornando-os mais vulneráveis em cenários de estresse térmico. **Fonte:** elaborado por Rafaela Aparecida dos Reis Couto.

Outro aspecto importante sobre a fisiologia dos anfíbios é a ectotermia, o que significa que estes animais não regulam precisamente a temperatura corporal interna via metabolismo, como fazem os endotérmicos. Assim, sua temperatura corporal é diretamente dependente do ambiente e de suas variações. Essa característica pode potencializar os efeitos toxicológicos dos agrotóxicos em anfíbios em

temperaturas mais quentes, já que é conhecido que a elevação da temperatura aumenta o metabolismo dos organismos, interferindo em aspectos comportamentais e fisiológicos.

Desta forma, anfíbios são extremamente sensíveis aos aumentos de temperatura, os quais são cada vez mais pronunciados em decorrência do aquecimento global. Neste sentido, a interação entre a temperatura e os agroquímicos gera uma pressão ecológica complexa. O aumento da temperatura corporal, imposto pelo ambiente, acelera o metabolismo, processando o xenobiótico mais rapidamente, mas seus sistemas de detoxificação, como as enzimas hepáticas da família do citocromo P450, ficam sobrecarregados e incapazes de neutralizar eficientemente, levando a um acúmulo de metabólitos tóxicos na corrente sanguínea ou nos órgãos. Muitos agrotóxicos também são quimicamente mais reativos e apresentam maior solubilidade em temperaturas mais altas, aumentando sua biodisponibilidade. O estresse térmico isolado também é um fator debilitante que suprime o sistema imunológico e aumenta o consumo das reservas energéticas do animal, reduzindo sua resistência geral a estressores adicionais.

O resultado dos efeitos combinados entre aumentos de temperatura e exposição aos agrotóxicos pode se manifestar em uma cascata de disfunções fisiológicas, que incluem alterações no tempo de metamorfose, que pode ser acelerada de forma desregulada, resultando em adultos subdesenvolvidos e com baixa capacidade reprodutiva. Também pode ocorrer um atraso da metamorfose, prolongando indefinidamente a fase larval e, consequentemente, a vulnerabilidade de exposição aos poluentes na água. Além disso, são relatados graves distúrbios metabólicos que comprometem o crescimento e o armazenamento de energia; um aumento severo do **estresse oxidativo**, onde a produção de radicais livres supera a capacidade antioxidante das células, causando danos lipídicos, proteicos e genéticos; **genotoxicidade** que pode levar a mutações e malformações congênitas; anormalidades na natação dos girinos, como coordenação motora deficiente e letargia, que os tornam presas fáceis e dificultam a busca por alimento; modificações histopatológicas na morfologia do fígado, indicando insuficiência hepática e alterações críticas no

funcionamento da tireoide, glândula essencial na regulação da metamorfose através de seus hormônios, podendo prejudicar o desenvolvimento e até mesmo condenar populações ao declínio.

O aumento da temperatura corporal dos animais, provocado pelo aquecimento ambiental, derivado ou não das mudanças climáticas, interfere diretamente em seus processos metabólicos e reprodutivos, podendo potencializar os efeitos da exposição aos contaminantes químicos mencionados anteriormente. A extrema sensibilidade dos anfíbios às variações térmicas e à exposição química os coloca como bioindicadores relevantes, cujos declínios servem como um alerta precoce para o desequilíbrio dos ecossistemas.

Como em um ciclo, as próprias ações antrópicas têm corroborado para o enfrentamento de mudanças climáticas cada vez mais alarmantes. A poluição por gases de efeito estufa, oriunda principalmente da queima de combustíveis fósseis, de processos industriais e do desmatamento para expansão do agronegócio, é a principal força por trás deste fenômeno. Este modelo de desenvolvimento, que frequentemente ignora a sustentabilidade em prol da expansão econômica, já desencadeia consequências diretas e graves para a saúde do planeta.

GLOSSÁRIO

Escoamento superficial – parcela da água da chuva, degelo ou irrigação que, após atingir o solo, não se infiltra nem é retida pela vegetação, escoando diretamente sobre a superfície do terreno em direção a um corpo d'água (rio, lago, oceano).

Estresse oxidativo – desequilíbrio que ocorre no organismo, entre a produção de substâncias prejudiciais chamadas radicais livres e a capacidade dos antioxidantes de neutralizá-las.

Genotoxicidade – capacidade de alguns agentes químicos de danificar a informação genética no interior de uma célula, causando mutações ou induzindo modificações na sequência nucleotídica ou da estrutura do DNA de um organismo vivo.

Lixiviação – processo físico-químico no qual uma substância (soluto) é arrastada da superfície de um material sólido pela passagem de um líquido (solvente, geralmente a água).

Sinergia – ação simultânea onde dois elementos biológicos realizam uma função

orgânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

D'Amato, C.; Torres, J.P.M.; Malm, O. 2002. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão. **Química Nova**, 25: 995-1002. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000600017

Freitas, J.S.; Kupsco, A.; Diamante, G.; Felicio, A.A.; Almeida, E.A.; Schlenk, D. 2016. Influence of temperature on the thyroidogenic effects of diuron and its metabolite 3,4-DCA in tadpoles of the american bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). **Environmental Science and Technology**, 50: 13095-13104. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04076

Ho, D.C. 2020. **Principais agrotóxicos em uso no Brasil**: toxicidade, risco e comparação com a União Europeia. Trabalho de Graduação (Graduação em Farmácia-Bioquímica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, São Paulo.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. 2023. **The IUCN red list of threatened species.** Disponível em: https://www.iucnredlist.org/en. Acesso em: 7 out. 2025.