

ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA DO GLIFOSATO POTÁSSICO, PIRACLOSTROBINA E EPOXICONAZOL, ISOLADOS E EM MISTURA MEDIANTE O ORGANISMO *Enchytraeus crypticus*

Palavras-Chave: AGROTÓXICOS, ECOTOXICOLOGIA, BIOINDICADORES.

Autores(as):

BRUNA DE OLIVEIRA SILVA SANTOS, FT – UNICAMP

Prof^ª. Dr^ª. CASSIANA MARIA REGANHAN CONEGLIAN (orientadora), FT – UNICAMP

INTRODUÇÃO

O uso de agrotóxicos surgiu a partir da necessidade de aumentar a produção e o rendimento das culturas agrícolas. Agrotóxicos são produtos sintéticos ou naturais que reduzem as perdas causadas por agentes nocivos às plantações como ervas daninhas, fungos e outros (Manjunath, *et al.*, 2024). O Brasil é um dos principais consumidores dessas substâncias, sendo que, em 2022 foram comercializadas 800.652 toneladas de ingredientes ativos (i.a.), representando aumento de 11% em relação ao ano anterior (2021), cujas vendas chegaram a 720.870 toneladas. Dentre os i.a. mais vendidos, o glifosato e seus sais encontram-se em primeiro lugar (Ibama, 2023).

A Revolução Verde, que aconteceu em meados de 1960, foi o que impulsionou a utilização de agrotóxicos, e de outras tecnologias agrícolas, com a ideia de que estes produtos ajudariam a acabar com a fome no pós-guerra. No Brasil, o Estado incentivou seu uso com a criação do Sistema Nacional Rural (1965) e do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (1975) (Santos e Santos, 2023).

Essas substâncias são responsáveis por causar diversos danos ao meio ambiente e à saúde humana. No meio ambiente causam a contaminação do solo e da água, além de atingir organismos não alvos. Nos humanos, principalmente trabalhadores rurais, a intoxicação pode ser aguda ou crônica, causando desde náuseas, vômitos e cefaleia até câncer e morte (Santos e Santos, 2023).

Portanto, análises ecotoxicológicas de agrotóxicos com organismos terrestres não alvos se fazem importantes para entender os efeitos causados nesses organismos, após a exposição a essas moléculas quando utilizadas na agricultura. O objetivo do presente estudo foi avaliar a toxicidade dos agrotóxicos Zapp QI 620 e Abacus® HC, isolados e em mistura, mediante o organismo terrestre *Enchytraeus crypticus*, em solo artificial tropical (SAT).

O Abacus® HC é uma formulação comercial composta por piraclostrobina e epoxiconazol, um fungicida sistêmico utilizado em diversas culturas como café, milho, soja e outras. O epoxiconazol age inibindo a biossíntese do ergosterol, e o piraclostrobina age inibindo a formação de ATP essencial para os processos metabólicos dos fungos. O fungicida é considerado um produto muito perigoso ao meio ambiente, segundo sua classificação do potencial de periculosidade ambiental (PPA) (Bula Abacus® HC, s.d.).

O Zapp QI 620 é uma formulação comercial composta por glifosato potássico, um herbicida sistêmico, seletivo condicional para aplicação em pós-emergência de diversas espécies daninhas e culturas. Aplicado principalmente em soja e milho geneticamente modificados com resistência ao glifosato. O herbicida é considerado um produto perigoso ao meio ambiente, de acordo com sua classificação de PPA (Bula Zapp QI 620, s.d.).

O *Enchytraeus crypticus* (Figura 1) é um enquitreídeo pertencente a fauna edáfica, organismo importante para o solo por realizar decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Tornou-se um organismo modelo para ensaios de toxicidade devido a sua sensibilidade aos compostos antropogênicos, sendo considerado um bom bioindicador nas avaliações da qualidade do solo (Amorim et al., 2021).



Figura 1 – Imagem do *E. crypticus* adulto clitelado.
Fonte: Autoria própria, 2024.

METODOLOGIA

Os ensaios utilizados para verificar a toxicidade dos compostos foi o de reprodução, baseado na Norma ABNT NBR ISO 16387 (2012), tendo o cultivo do *E. crypticus* baseado na mesma norma. O cultivo do organismo foi realizado em placas de petri contendo ágar nutritivo, bicarbonato de sódio (NaHCO_3), cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e sulfato de magnésio (MgSO_4).

Alimentados duas vezes por semana com farinha de aveia, e mantidos em estufa com temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, e fotoperíodo 16h:8h (claro:escuro).

Para a realização dos ensaios foi utilizada uma adaptação do solo artificial da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) (OECD, 1984), composto por 75% de areia industrial fina (peneirada em malha de 2 mm, lavada e seca em estufa a 150°C por 48h), 20% de caulim e 5% de fibra de coco.

As concentrações utilizadas foram definidas de acordo com a bula dos produtos comerciais (p.c.). Foram consideradas a maior e a menor dose dos produtos recomendada para a aplicação por hectares, e a partir disso foram realizados cálculos para as doses a serem utilizadas em laboratório (Tabela 1 e 2), seguindo o proposto por Niva e Brown (2019), sendo G para as concentrações de Zapp QI 620 e EP para as concentrações de Abacus® HC. Para o ensaio de mistura dos agrotóxicos foram consideradas as mesmas concentrações das Tabelas 1 e 2, denominados de M, da seguinte forma: M0 (G0 + EP0; controle); M1 (G1+EP1); M2 (G2+EP2); M3 (G3+EP3); M4 (G4+EP4); M5 (G5+EP5); M6 (G6+EP6).

Tabela 1 – Quantidade de p.c. utilizados no ensaio de toxicidade com Zapp QI 620 e as concentrações de i.a. por kg de solo seco.

Identificação	μl de p.c.	μg de glifosato potássico
G0 (controle)	0,0	0
G1	1,4	868
G2	2,8	1736
G3	4,2	2604
G4	5,6	3472
G5	7,0	4340
G6	8,4	5208

Tabela 2 – Quantidade de p.c. utilizados no ensaio de toxicidade com Abacus® HC e as concentrações de i.a. por kg de solo seco.

Identificação	μl de p.c.	μg de epoxiconazol	μg de piraclostrobina
EP0 (controle)	0,0	0	0
EP1	0,5	80	130
EP2	0,6	96	156
EP3	0,7	112	182
EP4	0,8	128	208
EP5	0,9	144	234
EP6	1,0	160	260

Após o preparo do SAT, o solo foi umedecido e contaminado com as concentrações apresentadas, em seguida, adicionou-se 30 g do solo contaminado em recipientes de vidro, juntamente com 10 organismos clitelados. O ensaio permaneceu em estufa, nas mesmas condições do cultivo, durante 21 dias. Os organismos foram alimentados aos 0, 7 e 14 dias com farinha de aveia, e a umidade foi corrigida com água destilada quando necessário. Utilizou-se 8 réplicas para o controle e 5 réplicas para cada concentração.

Para a finalização do ensaio adicionou-se álcool etílico 70% e rosa de bengala a 1% em cada recipiente, em seguida o ensaio permaneceu em temperatura ambiente por 24 h para que os organismos ficassem corados. Para a quantificação dos organismos, o conteúdo de cada recipiente foi lavado em água

corrente em peneira com malha de 53 μm , e disposto em bandeja com água para a contagem manual dos organismos.

Foram realizados teste de Shapiro Wilk, Análise de Variância (ANOVA), teste de Tukey e de Kruskal-Wallis, para o tratamento estatístico dos dados. Todos os testes foram realizados por meio do software STATISTICA 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 expressa os resultados do ensaio de toxicidade para o organismo *E. crypticus* para o herbicida Zapp QI 620 e para o fungicida Abacus® HC. Para o ensaio com o herbicida nota-se que nenhuma das concentrações atingiram número médio de organismos menor que o controle. Além disso, verificou-se diferença significativa entre o controle e a concentração G2, que apresentou o maior número médio de organismos. Já para o ensaio com o fungicida nota-se uma variação no número médio de organismos, além disso, não foram encontradas diferenças significativas entre as concentrações.

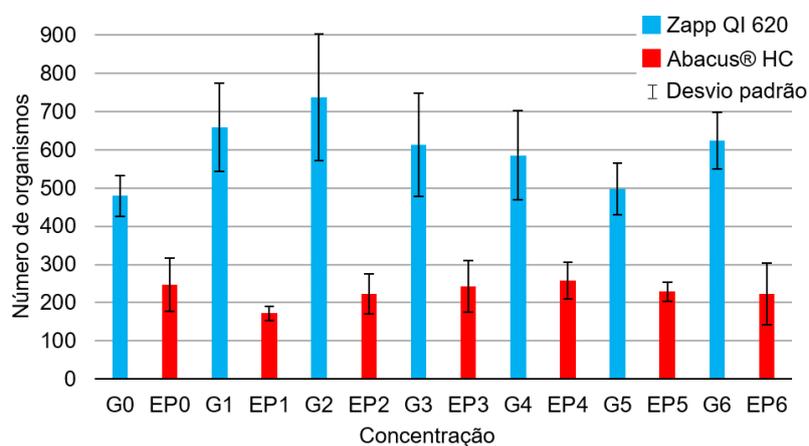


Figura 2 – Resultados do ensaio de reprodução com Zapp QI 620 e Abacus® HC mediante o *E. crypticus*, onde tem-se a média de organismos em cada concentração e o desvio padrão.

A Figura 3 expressa os resultados do ensaio com a mistura dos agrotóxicos mediante o organismo *E. crypticus*. Verificou-se diferença significativa entre o controle e a concentração M4, que apresentou o menor número médio de organismos do ensaio todo.

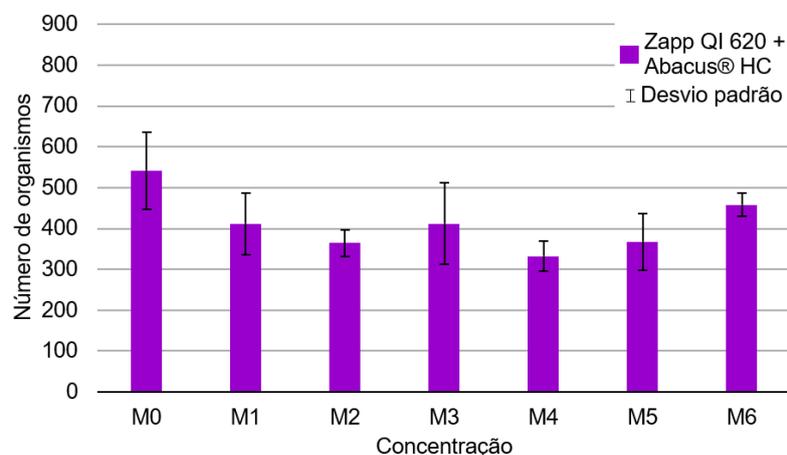


Figura 3 – Resultados do ensaio de reprodução com a mistura dos agrotóxicos mediante o *E. crypticus*, onde tem-se a média de organismos em cada concentração e o desvio padrão.

Para nenhuma das concentrações foi possível calcular a concentração de efeito 50 (CE50), que representa a concentração que causa redução de 50% na reprodução dos organismos. As doses utilizadas nos ensaios não atingiram esse valor. Entretanto, pode-se observar que a presença dos contaminantes causou variações na reprodução dos organismos, tais variações podem estar relacionadas com o comportamento das substâncias no ambiente, como a biodisponibilidade e degradação dos compostos. Sendo assim, os resultados indicam que as doses recomendadas em bula para aplicação podem causar alterações na reprodução deste organismo.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a presença dos agrotóxicos contribui para ocorrência de alterações na reprodução destes organismos, podendo gerar impactos em todo o ecossistema, visto que organismos da fauna edáfica são seres bioindicadores, indicando a qualidade do solo, importantes para a decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

Considerando a tendência de aumento no uso consumo de agrotóxicos, são necessários mais estudos que mostrem os efeitos destas substâncias no meio ambiente, considerando diferentes tipos de solo e condições. Além de avaliações dos efeitos adversos que estas substâncias podem causar nos organismos não alvos.

BIBLIOGRAFIA

- AMORIM, M. J. B., et al. **Annelid genomes: Enchytraeus crypticus, a soil model for the innate (and primed) immune system.** Lab Animal, v. 50, n. 10, p. 285-294, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – **ABNT NBR ISO 16387/2012** Qualidade do solo - Efeitos de poluentes em Enchytraeidae (Enchytraeus sp.) - Determinação de efeitos sobre reprodução e sobrevivência. Rio de Janeiro, 2012. 29p.
- BULA ABACUS® HC. Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA sob o nº 9210.
- BULA ZAPP QI 620. Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA sob o nº 12908.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Relatório de comercialização de agrotóxicos.** 15 de dezembro de 2023.
- MANJUNATH, R., et al. **Pesticides and its toxicity.** Encyclopedia of Toxicity (Fourth Edition), v. 7, p. 416-428, 2024.
- NIVA, C. C.; BROWN, G. G. **Ecotoxicologia terrestre: métodos e aplicações dos ensaios com oligoquetas.** EMBRAPA. 258 p. 2019.
- OECD Organization for Economic Co-Operation and Development, 1984. Guidelines for the Testing of Chemicals, section 2: effects on biotic systems. **Test No. 207:** Earthworm, Acute Toxicity Tests.
- SANTOS, J. da C.; SANTOS, M. I. G. dos. **Consequences of the use of pesticides in agriculture: A literature review.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 12, n. 10, p. e111121043556, 2023.