



EFEITO DE AGROTÓXICOS EM FAUNA AQUÁTICA NO BRASIL: Uma revisão baseada em dados científicos

Bruna Dias Silva¹

Amanda Eugênio de Castro²

Marcos Vinicius Martins Balbino³

Fátima Resende Luiz Fia⁴

Ronaldo Fia⁵

Guilherme Max Dias Ferreira⁶

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

O crescimento da população resultou em uma maior necessidade do uso do solo voltado para a agricultura com estratégias destinadas ao aumento da produção de alimentos, o que ocasionou a necessidade do uso de agrotóxicos em grandes quantidades. Este uso, muitas vezes em discordância com boas práticas agrícolas, pode resultar na contaminação do meio ambiente, em que os recursos hídricos são os mais afetados devido à elevada quantidade daqueles contaminantes dispostas nesses ambientes. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi apresentar, por meio de registros acadêmicos dos últimos seis anos, a presença e efeitos de agrotóxicos na fauna aquática brasileira. Foram encontrados agrotóxicos da classe de pesticida, inseticida e fungicida em espécies de tartarugas, peixes, caranguejos e golfinhos, destacando-se as áreas de litoral, com ocorrência de 18 espécies de animais com contaminação por agrotóxicos. Neste contexto, os estudos ressaltaram que, quando o animal encontra-se em contato com esses compostos, podem ocorrer efeitos toxicológicos e mutagênicos, além de afetar o sistema imune e reprodutor do animal. Além disso, os agrotóxicos são capazes de afetar os tecidos musculares destes animais, resultando na contaminação de níveis tróficos superiores da cadeia alimentar desses animais. Pode-se concluir que os agrotóxicos podem atuar como desreguladores endócrinos nestes animais, além de ocasionar riscos à saúde humana que entram em contato com os mesmos. Para isso, é fundamental o monitoramento da qualidade das águas no Brasil, a fim de identificar a contaminação dos cursos d'água por agrotóxicos para que não ocorra a extinção de espécies aquáticas no Brasil.

Palavras-chave: Desreguladores endócrinos; Pesticidas; Poluição hídrica.

¹Mestranda em Engenharia Ambiental – PPGAMB, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, brunadiassilvarv@outlook.com

²Mestranda em Engenharia Ambiental – PPGAMB, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, amandaeugenioastro@gmail.com

³Mestrando em Engenharia Ambiental – PPGAMB, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, marcos.balbino@estudante.ufla.br

⁴Prof. Dr.^a Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental – DAM, fatimarlf@ufla.com

⁵Prof. Dr.^a Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental – DAM, ronaldofia@ufla.br

⁶Prof. Dr. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Química – DQI, guilherme.ferreira@ufla.br.



INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são indispensáveis para a vida humana e animal, tanto para o uso na agricultura e pecuária, quanto para abastecimento urbano e industrial (ALVES et al., 2017). Entretanto, o crescimento desenfreado da população e o uso intensivo do solo de regiões pertencentes às bacias hidrográficas vem acarretando inúmeros impactos ambientais, com a contaminação daqueles recursos. Nesse contexto, o emprego dos pesticidas, que visa a aumentar a produção agrícola para que a agricultura possa acompanhar o crescimento da população, acabam por intensificar esses processos de contaminação, especialmente devido à sua elevada taxa de aplicação em meio rural. Isso contribui para um aumento da quantidade e variedade destes poluentes no meio ambiente, sendo os meios aquáticos os mais atingidos (AZEVEDO; MOURA; SANTOS, 2016).

Os agrotóxicos são substâncias químicas utilizadas no controle de pragas (insetos, animais e plantas invasoras) e doenças de plantas (FUNDACENTRO, 1998), podendo afetar indiretamente a fauna aquática por meio da deposição dos contaminantes em seus tecidos lipídicos e partículas (AKINSANYA et al., 2021). Além disso, eles têm ação de desreguladores endócrinos tanto em animais quanto em humanos, incluindo as classes de fungicidas, inseticidas, pesticidas e herbicidas (LIU et al., 2017; MNIF et al., 2011). Em humanos, podem ainda causar problemas de saúde tais como uma simples dor de cabeça, tumores e, em alguns casos, serem fatais (CHEDIK et al., 2017). Em geral, os herbicidas podem entrar em contato com o organismo humano durante a própria aplicação desses produtos nas práticas agrícolas ou por meio da ingestão de produtos provenientes da agropecuária e aquicultura (SHIN; KIM; KANG, 2021). Neste último caso, os pesticidas são capazes de entrar em ecossistemas aquáticos por meio de escoamento superficial em solos de uso agrícola, e são introduzidos na cadeia alimentar, podendo assim ser encontradas concentrações dessas substâncias químicas na fauna aquática (LIU et al., 2017).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi apresentar uma visão geral referente a relatos de agrotóxicos presentes na fauna aquática brasileira, e expor os principais malefícios causados nos organismos desses animais por meio de uma revisão bibliográfica,



a partir de achados descritos em artigos disponíveis em várias bases de dados nos últimos seis anos.

METODOLOGIA

Esta revisão foi realizada por meio de busca eletrônica de artigos cujo assunto, título ou palavras-chaves envolviam o tema agrotóxicos, indexados nas seguintes bases de dados: *Web of Science*, *Science Direct*, *SciELO* e *Scopus*. Tais bases de dados científicas foram escolhidas conforme relevância e expressão no meio científico. As buscas foram realizadas a partir das seguintes palavras-chave: “Pesticidas e meio ambiente”, “Pesticidas e saúde”, “Pesticidas e tratamentos”, “Pesticidas e Brasil”, “Agrotóxicos em fauna aquática”, “Contaminação em cursos hídricos”, “Pesticidas em peixes”. Foram incluídos artigos disponíveis em português e inglês, no período de 2016 a 2022. O levantamento de dados foi realizado entre os meses de março e julho de 2022.

Os dados foram sistematizados em função das espécies aquáticas afetadas, tipos de pesticida e suas concentrações e regiões de ocorrência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da busca nas bases de dados selecionadas, foram encontrados 58 artigos, dentre os quais foram selecionados apenas 8, tendo como seleção a diversidade de espécies e diferentes localidades. Sendo assim, foi feito o levantamento dos compostos agroquímicos encontrados em animais aquáticos no Brasil e suas respectivas concentrações presentes na fauna aquática, como apresentados na Tabela 1.

Destacam-se como principais contaminantes encontrados em espécies animais o diclorodifeniltricloreto, hexaclorociclohexano e hexaclorobenzeno (Tabela 1). Os estudos relatam a presença destes compostos em animais aquáticos, tanto de água doce quanto salgada. Mesmo quando detectado em baixas concentrações, estes compostos apresentam efeitos toxicológicos no meio ambiente aquático e na saúde humana, devido aos mecanismos de bioacumulação e biomagnificação que ocorrem ao longo das cadeias

Realização



alimentares, em consequência da sua afinidade pelos tecidos adiposos (OLIVEIRA et al., 2022).

Nesse sentido, ocorre uma resposta imune em animais aquáticos devido ao contato desses poluentes quando se encontram em ambientes aquáticos, podendo provocar efeitos neurotóxicos, imunotóxico e no sistema reprodutor (REZENDIZ et al., 2019).

Tabela 1. Compostos agroquímicos encontrados na fauna brasileira

Espécies	Composto	Concentração	Localidade	Referência
<i>Chelonia mydas</i> (Tartaruga verde)	DDT	0,005	Reserva	
	HCH	0,027	Biológica	
	Clordano	0,007	Atol das	
	HCB	0,003	Rocas	
<i>Caretta caretta</i> (Tartaruga comum)	DDT	0,113		
	HCH	0,048		Filippos et al. (2021)
	Clordano	0,015		
	HCB	0,004	Costa Norte da Bahia	
<i>Lepidochelys olivácea</i> (Tartaruga oliva)	DDT	0,084		
	HCH	0,016		
	HCB	0,005		
	Mirex - S	0,003		
<i>C. ornatus e C. bocourti</i> (Siri azul e Siri vermelho)	Organoclorado	207,5	Baía de São José – MA	Righi et al. (2022)
		334,2	Baía de São Marcos - MA	
<i>B. dolphin</i> (Golfinho Comum)		6.734		
<i>Atlantic spotted dolphin</i> (Golfinho Pintado do Atlântico)	POP	12,621	Região dos Lagos - RJ	Lavandier et al. (2019)
<i>H. pudibundus e C. danae</i> (Caranguejo marinho e Siri marinho)	DDT	410		
	Mirex - S	41,6	Baía de Santos - SP	Magalhães et al. (2019)
	HCB	16,9		
<i>S. Cavalla</i> (Cavalinha)	PCB	145	Costa Pernambuco - PE	Miranda e Yogui (2016)
	DDT	18,7		
<i>R. lalandii</i> (Cação rola rola)	POP	1.019	Costa	Cascaes et al. (2014)
	DDT	111	Sudoeste	



Tabela 1. Continuação...

<i>P. squamosissimus</i> (Pescada Amazônica)		245,5		
<i>C. ocellaris</i> (Tucunaré)		111,9		
<i>C. acropterus</i> (Piracatinga)	DDT	7,1	Rio Tapajós – Região Amazônica	Mendes et al. (2016)
<i>P. schomburgkii</i> (Sardinha ouro)		27,6		
<i>Leporinus sp</i> (Piauçu)		91,4		
<i>E. brasiliensis</i> (Biguá)		40,1		
	DDT	26,7		
<i>P. unifilis</i> (Tracajá)	Endosulfan	14,38	Rio Xingu – MT e PA	Pignati et al. (2018)
	HCH	1,39		

Em que a concentração é expressa em nanograma de contaminante por grama de peso lipídico; HCH - Hexaclorociclohexanos; HCB - Hexaclorobenzeno; PCB – Poluentes Orgânicos Persistentes; DDT – Diclorodifeniltricloreto.

Conforme apresentado na Tabela 1, foram encontrados compostos em que fabricação, importação, exportação, manutenção em estoque, comercialização e o uso são proibidos, tais como o diclorodifeniltricloreto (DDT), previsto na lei nº 11.936 (BRASIL, 2009), e endosulfan e poluentes orgânicos persistentes (POP), baseando na lei 7.809 (BRASIL, 1989).

Dentre as localidades apresentadas na Tabela 1, destaca-se a região Sudeste brasileira com maiores concentrações de poluentes identificados, podendo ser justificável devido ao alto índice de uso do solo para agricultura e pecuária nesta região (LAVANDIER et al. 2019; CASCAES et al., 2014). Na região do estado do Rio de Janeiro, a presença de agroquímicos apresentou-se em maiores concentrações nas espécies de golfinhos-nariz-de-garrafa e golfinhos-pintados-do-atlântico. Os compostos encontrados apresentaram efeitos tóxicos, tanto para o fígado quanto para os músculos das espécies (LAVANDIER et al., 2019).

As espécies de tartarugas *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea* foram as que apresentaram menores concentrações de agroquímicos; entretanto, o estudo foi realizado nas hemácias dos animais, podendo justificar a baixa concentração encontrada. Vale ressaltar que conforme apresentado na Tabela 1, foram encontrados Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), os quais Filippou et al. (2021) afirmam que podem estar

Realização



relacionados a persistência de PCB (bifenilas policloradas) 138 e 153, tendo mais dificuldade de ser metabolizados pelas espécies e podendo persistir no ambiente devido a cadeia alimentar das outras espécies.

Além disso, foram encontrados presença de mais de um tipo de contaminante em grande parte das espécies dos artigos avaliados. A presença de três ou mais compostos podem levar à alteração de enzimas antioxidantes, de tecidos musculares e danos oxidativos (MARINS et al., 2021). Uma vez consumidas, tais espécies com os tecidos musculares contendo agrotóxicos podem gerar risco à saúde humana (CLASEN et al., 2018).

O efeito destes contaminantes podem variar de acordo com a idade e sexo da espécie atingida (NASCIMENTO et al., 2017), podendo afetar o sistema reprodutor, além do crescimento da espécie e cadeia alimentar do ecossistema aquático presente (ALVES et al., 2022). Em estudo realizado por Castro et al. (2019) foi detectada a presença de agentes genotóxicos e mutagênicos em DNA de tilápias (*Oreochromis niloticus*), no Rio Munim, situado no estado do Maranhão.

Neste sentido, devido ao descumprimento da legislação referente à presença de matas ciliares e preservação da qualidade da água, é possível que ocorra a junção entre a presença de agrotóxicos e os fatores abióticos no corpo hídrico que pode levar à letalidade da fauna aquática presente, correndo o risco da extinção de espécies na região afetada (CEREZER et al., 2020).

Vale ressaltar que são poucos estudos que monitoram a presença destes contaminantes agroquímicos na fauna aquática, além da falta de investigação em regiões onde a agricultura se destaca, como por exemplo a região Centro Oeste do Brasil. Ademais, a falta ações e proteções destes animais refletem na conservação das espécies, podendo interferir no equilíbrio ecológico onde os mesmos habitam.

CONCLUSÕES

Mesmo que o aumento do uso de agrotóxicos seja necessário, muitas vezes, para a produção comercial de diversas culturas, percebe-se que sua aplicação excessiva ocasiona contaminação de espécies da fauna brasileira em diferentes regiões, levando a efeitos de



desregulação endócrina. Além disso, foi possível observar os altos teores desses compostos agroquímicos em variadas espécies, destacando a fauna aquática situada no sudoeste brasileiro. Fatores associados à contaminação e bioacumulação no meio ambiente aquático podem ainda ocasionar riscos à saúde humana. Nesse sentido, intervenções são necessárias para a redução da contaminação destas espécies para que não ocorra a extinção destas.

REFERÊNCIAS

AGBOHESSI, P. T.; TOKO, I. I.; OUÉDRAOGO, A.; JAUNIAUX, T.; MANDIKI, S. N. M.; KESTEMONT, P. Assessment of the health status of wild fish inhabiting a cotton basin heavily impacted by pesticides in Benin (West Africa). **Science of the Total Environment**, v. 506-507, p. 567-584, 2015b.

AKINSANYA1, B.; OLALERU1, F.; SAMUEL, O. B.; AKEREDOLU1, E.; ISIBOR, P. O.; ADENIRAN, O. S.; SALIU, J. K.; AKHIROMEN, D. I. Bioacumulação de Pesticidas Organoclorados, *Procamallanus* sp. (Baylis, 1923) infecções e colonização microbiana em peixes africanos Snakehead amostrados da Lagoa Lekki, Lagos, Nigéria. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 81, p. 1095-1105, 2021.

ALVES, W. S.; SANTOS, L. N. S., MEDEIROS; V. S., AQUINO, D. S; MORAIS, W. A., SALEH; PEREIRA, V. C; MOURA, D. M. B. Avaliação da Qualidade da Água e Estado Trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde – Go, Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.

ALVES, K. V. B.; MARTINEZ, D. S. T.; ALVES, O. L.; BARBIERI, E. Co-exposure of carbon nanotubes with carbofuran pesticide affects metabolic rate in *Palaemon pandaliformis* (shrimp). **Chemosphere**, v. 288, 132359, 2022.

AZEVEDO, J. C. R.; DE MOURA, E. R. R.; DOS SANTOS, M. M. Determinação de pesticidas na água e sedimentos do Rio Piquiri. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá-PR, v. 9, n. 3, 2022.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências [documento on-line].

CASCAES, M. J.; OLIVEIRA, R. T.; UBARANA, M. M.; SATO, R. M.; BALDASSIN, P. COLABUONO, F. I.; LEONEL, J.; TANIGUCHI, S.; WEBER, R. R. Persistent organic pollutants in liver of Brazilian sharpnose shark (*Rhizoprionodon lalandii*) from southeastern coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 86, p. 591-593, 2014.

CASTRO, M. S.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; PEREIRA, S. R. F.; MOREIRA, V. R.;

Realização





CASTELO-BRANCO, P. V.; SILVA, V. L. M.; CARVALHO-COSTA, L. F. River waters near to agricultural sites in the Northeastern Brazil (Maranhão State) cause genetic damage in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 2, p. 365 – 367, 2019.

CEREZER, C.; MARINS, A. T.; CEREZER, O.; SEVERO, E. S.; Leitemperger, J. W.; BANDEIRA, N. M. G.; ZANELLA, R.; LORO, V. L.; SANTOS, S. Influence of pesticides and abiotic conditions on biochemical biomarkers in *Aegla aff. longirostri* (crustacea, anomura): Implications for conservation, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 203, 110982, 2020.

CHEDIK, L.; MIAS-LUCQUIN, D.; BRUYERE, A.; FARDEL, O. In Silico Prediction for Intestinal Absorption and Brain Penetration of Chemical Pesticides in Humans. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 7, 2017

CLASEN, B.; LORO, V. L.; MURISSI, C. R.; TIECHER, T. L.; MORAES, B.; ZANELLA, R. Bioaccumulation and oxidative stress caused by pesticides in *Cyprinus carpio* reared in a rice-fish system. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 737 – 743, 2018.

FILIPPOS, L. S.; TANIGUCHI S.; BALDASSIN P.; PIRES T.; MONTONE R.C. Persistent organic pollutants in plasma and stable isotopes in red blood cells of *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* and *Lepidochelys olivacea* sea turtles that nest in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, Vol. 167, 112283, 2021.

FUNDACENTRO. Prevenção de acidentes no trabalho com agrotóxicos: segurança e saúde no trabalho. São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho, n. 3, 1998.

LAVANDIER, R.; ARÊAS, J.; QUINETE, N.; MOURA, J. F.; TANIGUCHI, S.; MONTONE, R.; SICILIANO, S. HAUSER-DAVIS, R. A.; MOREIRA, I. PCB and PBDE contamination in *Tursiops truncatus* and *Stenella frontalis*, two data-deficient threatened dolphin species from the Brazilian coast. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, p. 485-493, 2019.

Lei Federal nº 11.936, de 14 de maio de 2009. Dispõe sobre a proibição na fabricação, importação, manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloreto (DDT) e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 15 de maio de 2009.

LIU, S.; HUANG, X.; ZHU, G. Determination of a broad spectrum of endocrine-disrupting pesticides in fish samples by UHPLC–MS/MS using the pass-through cleanup approach. **Separation Science**, v. 40, p. 1266 – 1272, 2017.

MAGALHÃES, C. A.; TANIGUCHI, S.; CASCAES, M. J.; MONTONE, R. C. PCBs, PBDEs and organochlorine pesticides in crabs *Hepatus pudibundus* and *Callinectes danae* from Santos Bay, State of São Paulo, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, p. 662 -667, 2012.

MARINS, A. T.; SEVERO, E. S.; CEREZER, C.; LEITEMPERGER, J. W.; MÜLLER, T. E.; FLORIANO, L.; PRESTES O. D.; ZANELLA, R.; LORO, V. L. Environmentally relevant pesticides induce biochemical changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Ecotoxicology**, v. 30, n. 4, p. 585-598. 2021.

MENDES, R. A.; LOPES, A. S. C. L.; SOUZA, L. C.; LIMA, M. O.; SANTOS, L. S. DDT concentration in fish from the Tapajós River in the Amazon region, Brazil. **Chemosphere**, v. 153,



p. 340-345, 2016. _

MNIF, W.; HASSINE, A. I. H.; BOUAZIZ A.; BARTEGI A.; THOMAS O.; ROIG B. Effect of endocrine disruptor pesticides: A review. **Environ. Res.**, v. 8, p. 2265 – 2303, 2011.

MIRANDA, D. A.; YOGUI, G. T. Polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides in king mackerel caught off the coast of Pernambuco, northeastern Brazil: Occurrence, contaminant profile, biological parameters and human intake. **Science of The Total Environment**, v. 569–570, p. 1510-1516, 2016.

NASCIMENTO, F. P.; KUNO, R.; LEMES, V. R. R.; KUSSUMI, T. A.; NAKANO, V. E.; ROCHA, S. B.; OLIVEIRA, M. C. C.; ALBUQUERQUE, K. I.; GOUVEIA, N. Organochlorine pesticides levels and associated factors in a group of blood donors in São Paulo, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 8, p. 380, 2017. doi:10.1007/s10661-017-6072-6.

OLIVEIRA, R.; MARTINI, W. S.; SANT'ANA, A. C. Combined effect involving semiconductors and plasmonic nanoparticles in photocatalytic degradation of pesticides. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 17, 100657, 2022.

PIGNATI, M. T.; SOUZA, L. C.; MENDES, R. A.; LIMA, M. O.; PIGNATI, W. A.; PEZZUTI, J. C. B. Levels of organochlorine pesticides in Amazon turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Xingu River, Brazil. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, p. 1- 7, 2018.

RESENDIZ, K.J.G.D.; LAZARENO, P.C.O.; ROSALES, C.E.C.; LEPE, A.M.T.; IBARRA, G.A.T.; RAMÓN, G.H.V.; PÉREZ, M. I. G. Effect of diazinon, an organophosphate pesticide, on signal transduction and death induction in mononuclear cells of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 89, p. 12 – 17, 2019.

RIGHI, B. D. P.; ABUJAMARA, L. D.; BARCAROLLI, I. F.; JORGE, M. B., ZEBRAL, Y. D.; COSTA, P. G.; MARTINEZ, C. B. R.; BIANCHINI, A. Response of biomarkers to metals, hydrocarbons and organochlorine pesticides contamination in crabs (*Callinectes ornatus* and *C. bocourti*) from two tropical estuaries (São José and São Marcos bays) of the Maranhão State (northeastern Brazil), **Chemosphere**, v. 288, 132649, 2022.

SHIN, D.; KIM, J.; KANG, H. Simultaneous determination of multi-pesticide residues in fish and shrimp using dispersive-solid phase extraction with liquid chromatography–tandem mass spectrometry. **Food Control**, v. 120, 2021.

Realização