



CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR RESÍDUOS FARMACÊUTICOS E EMBALAGENS: DESAFIOS PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

João Fernando Medeiros Cardoso

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambientes e Tecnologias Sustentáveis
da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Gabriela Claudia Cangahuala-Inocente

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambientes e Tecnologias Sustentáveis
da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Roberta Daniele Klein

Técnica de Laboratório - Área: Biologia – CLAB da Universidade Federal da Fronteira
Sul (UFFS)

David Augusto Reynalte-Tataje

Professor no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
david.tataje@uffs.edu.br

O descarte inadequado de medicamentos e de suas embalagens, como os blísteres farmacêuticos, representa uma problemática ambiental cada vez mais evidente e complexa. Com o crescimento populacional e o consequente aumento do consumo de substâncias farmacológicas, aliado ao avanço tecnológico e à intensificação da produção industrial, verifica-se um aumento significativo na liberação de compostos bioativos nos ecossistemas. Muitas dessas substâncias são descartadas sem qualquer tipo de controle ou rastreamento, o que dificulta a avaliação dos riscos ambientais a longo prazo. A ausência de regulamentações específicas e de mecanismos eficazes de fiscalização por parte dos órgãos competentes agrava ainda mais a situação, permitindo que fármacos entrem em contato com ambientes aquáticos e terrestres, alterando suas dinâmicas ecológicas (Pinto et al., 2014; Bandeira et al., 2019). As águas residuais, provenientes de fontes domésticas, hospitalares e industriais, são consideradas uma das principais rotas de entrada desses contaminantes nos corpos hídricos. Esses efluentes, quando tratados por tecnologias convencionais, geralmente não são suficientes para remover



completamente os resíduos farmacêuticos, permitindo que eles atinjam cursos d'água e até mesmo águas subterrâneas (Matongo et al., 2015; Agunbiade; Moodley, 2016).

Entre os principais grupos de compostos detectados nas matrizes ambientais destacam-se os antibióticos, anti-inflamatórios, analgésicos, antifúngicos, estatinas e anti-hipertensivos, muitos dos quais apresentam propriedades bioativas persistentes. A presença contínua e em concentrações significativas de substâncias como carbamazepina, ibuprofeno e sulfametoxazol demonstra que os processos de decantação e ativação biológica empregados nas ETARs não são eficazes para a remoção de fármacos com alta polaridade ou estrutura química complexa (Gamarra et al., 2015; Agunbiade; Moodley, 2016; Vatovec et al., 2017). Essa limitação tecnológica é um dos principais gargalos no combate à poluição emergente, uma vez que permite que compostos farmacêuticos permaneçam ativos no ambiente por longos períodos. A exposição contínua da biota aquática a esses contaminantes pode gerar efeitos subletais e crônicos, como alterações reprodutivas, disfunções endócrinas, alterações comportamentais e até mortalidade (Agunbiade; Moodley, 2016). Além disso, o contato frequente com antibióticos favorece a seleção de cepas bacterianas resistentes, um fenômeno alarmante tanto para a ecologia quanto para a saúde pública, especialmente em regiões que dependem de águas superficiais para abastecimento.

As embalagens farmacêuticas, em especial os blísteres compostos por camadas de plástico PVC e alumínio, agravam ainda mais esse cenário. Essas embalagens, amplamente utilizadas devido à sua eficácia na preservação da estabilidade dos medicamentos, são de difícil separação e reciclagem, sendo, portanto, comumente descartadas de forma inadequada. Uma vez presentes no meio ambiente, esses resíduos podem se acumular nos solos e corpos hídricos, onde sofrem processos de fragmentação que resultam na formação de microplásticos. Tais partículas não apenas afetam fisicamente organismos aquáticos, como também funcionam como vetores de compostos químicos tóxicos que podem ser ingeridos pela fauna aquática, com implicações ainda pouco conhecidas. Além disso, quando incineradas sem controle, essas embalagens podem liberar metais pesados e gases tóxicos, comprometendo a qualidade do ar e contribuindo para a poluição atmosférica. A gestão inadequada desse tipo de resíduo sólido reforça a urgência de se repensar os ciclos de vida das embalagens farmacêuticas.



e incentivar o desenvolvimento de alternativas biodegradáveis ou recicláveis (Dutra, 2013; Balbino; Balbino, 2011).

Diversos estudos realizados em contextos nacionais e internacionais apontam a persistência desse problema especialmente em países em desenvolvimento, onde há deficiências estruturais nos sistemas de coleta, tratamento de esgoto e gerenciamento de resíduos perigosos. No Brasil, por exemplo, a inexistência de um programa nacional obrigatório de logística reversa para medicamentos e suas embalagens contribui para o descarte doméstico direto no lixo comum ou em pias e vasos sanitários. Gamarra et al. (2015) identificaram riscos ambientais elevados associados à presença de anti-inflamatórios em águas superficiais em mais de cinquenta municípios do sul do país, muitos dos quais não dispõem de saneamento básico adequado. De forma semelhante, Phillips et al. (2015) verificaram concentrações preocupantes de fármacos e compostos derivados em águas subterrâneas nos Estados Unidos, provenientes da infiltração de resíduos oriundos de valas sépticas mal geridas. Esses achados indicam que a contaminação por resíduos farmacêuticos não se restringe a ambientes visíveis ou próximos a áreas industriais, mas pode alcançar aquíferos profundos, representando um risco direto ao consumo humano e à segurança hídrica.

Frente a esse panorama, torna-se imprescindível adotar estratégias multidimensionais que articulem ações de curto, médio e longo prazo. Entre as soluções viáveis estão o investimento em tecnologias de tratamento avançado de efluentes, como oxidação avançada e biorreatores de membrana, bem como a formulação de políticas públicas que obriguem a indústria farmacêutica e os consumidores a assumirem responsabilidades compartilhadas quanto ao ciclo de vida dos produtos. Paralelamente, é fundamental promover campanhas de educação ambiental que esclareçam à população sobre os riscos associados ao descarte incorreto de medicamentos e embalagens, incentivando o uso de pontos de coleta e a separação adequada dos resíduos. Também é necessário fomentar a pesquisa científica sobre os efeitos ecotoxicológicos de diferentes compostos farmacêuticos, incluindo misturas e interações com outros poluentes emergentes. Apenas com uma abordagem integrada, intersetorial e baseada em evidências será possível mitigar os impactos negativos desses contaminantes e garantir a proteção dos recursos naturais e da saúde humana de forma sustentável.



Conclusão

Em síntese, a problemática do descarte inadequado de fármacos e embalagens farmacêuticas como os blísteres evidencia a urgência de estratégias integradas que envolvam avanços tecnológicos em saneamento, políticas públicas eficazes de logística reversa e conscientização da população. A permanência desses contaminantes no ambiente, associada à ineficiência dos tratamentos convencionais, amplia os riscos ecotoxicológicos para a biota aquática e potenciais impactos à saúde humana. Assim, medidas preventivas e corretivas são indispensáveis para mitigar os efeitos desses poluentes, promovendo a conservação dos recursos hídricos e garantindo maior segurança ambiental para as gerações futuras.

Referências

- AGUMBIADE, F. O.; MOODLEY, B. Occurrence and distribution pattern of acidic pharmaceuticals in surface water, wastewater, and sediment of the Msunduzi River, Kwazulu-Natal, South Africa: acidic pharmaceuticals in Kwazulu-Natal water and sediments. **Environ. Toxicol. Chem.**, 2016, 35(1):36-46.
- BALBINO, M. A.; BALBINO, V. N. Embalagem de medicamentos: uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: **Manole**, 2011.
- BANDEIRA, E. O.; ABREU, D. P. G., LIMA, J. P., COSTA, C. F. S., COSTA, A. R., MARTINS, N. F. F. Medicine disposal: a socio-environmental and health issue. **Rev. Pesq. Cuid. Fundam On-line**, 2019, 11(1):1-10.
- DUTRA, P. Tecnologia Farmacêutica. São Paulo: **Atheneu**, 2013.
- GAMARRA, J. S.; GODOI, A. F. L.; VASCONCELOS, E. C.; SOUZA, K. M. T.; OLIVEIRA, C. M. R. Environmental risk assessment (ERA) of diclofenac and ibuprofen: a public health perspective. **Chemosphere**, 2015, 120:462-469.
- MATONGO, S.; BIRUNGI, G.; MOODLEY, B.; NDUNGU, P. Pharmaceutical residues in water and sediment of Msunduzi River, KwaZulu-Natal, South Africa. **Chemosphere**, 2015, 134:133-140.
- PHILIPS, P. J.; SCHUBERT, C.; ARGUE, D.; FISHER, I.; FURLONG, E. T.; FOREMAN, W.; GRAY, J.; CHALMERS, A. Concentrations of hormones, pharmaceuticals and other micropollutants in groundwater affected by septic systems in New England and New York. **Sci. Total Environ.** 2015, 512-513:43-54.



PINTO, G. M. F.; SILVA, K. R.; PEREIRA, R. F. A. B.; SAMPAIO, S. I. Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. **Eng Sanit. Ambient.** 2014, 19(3):219-224.

VATOVEC, C.; VAN WAGONER, E.; EVANS, C. Investigating sources of pharmaceutical pollution: Survey of over-the-counter and prescription medication purchasing, use, and disposal practices among university students. **J. Environ. Manage.**, 2017, 198(1):348-352.