



EFEITOS NOCIVOS DA CONTAMINAÇÃO DE EFLUENTES POR FÁRMACOS - REVISÃO DE LITERATURA

HARMFUL EFFECTS OF EFFLUENT CONTAMINATION BY PHARMACEUTICALS: A LITERATURE REVIEW

Ana Barbara Santos Araújo ¹
Ana Cecilia Magalhaes de Macedo ²
Jonilson Nascimento Silva Santos ³
Bianca Lima e Santos Figueiredo ⁴

Graduanda em Engenharia Química, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana-BA ¹
annabarb20@gmail.com

Graduanda em Engenharia Química, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana-BA ²
macedocecilia2024@gmail.com

Graduando em Engenharia de Produção, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana-BA ³
jonilson.n.targino@gmail.com

Coordenação Acadêmica de Biomedicina, Farmácia e Estética e Cosmética – UNIFAN; Feira de Santana-BA ⁴
bianca.lima@gruponobre.net

RESUMO

Introdução: O aumento do consumo de produtos farmacológicos e o descarte inadequado em meios aquáticos são fatores críticos na poluição dos recursos hídricos. A concentração de fármacos em efluentes provenientes de hospitais, indústrias farmacêuticas e esgotos residenciais representa um risco ambiental significativo, uma vez que esses compostos afetam os organismos aquáticos e diferem de outros poluentes pelo seu potencial de causar efeitos crônicos e interações sinérgicas. **Objetivo:** Analisar os riscos à saúde humana associados à exposição a fármacos presentes em efluentes e identificar lacunas na legislação e regulamentação sobre a contaminação por fármacos, propondo recomendações para políticas públicas e gestão ambiental eficazes. **Metodologia:** A pesquisa incluiu uma análise bibliográfica e documental sobre fontes de contaminação e regulamentação ambiental, além da revisão de estudos sobre os impactos desses compostos na saúde humana e nos ecossistemas aquáticos. **Resultados e Discussão:** A exposição a fármacos por meio de recursos hídricos e da cadeia alimentar pode gerar impactos adversos, exigindo intervenções regulatórias. Identificaram-se lacunas na legislação vigente e na gestão de efluentes, apontando a necessidade de aprimorar as políticas públicas para controle do descarte de



medicamentos e mitigação dos riscos ambientais. **Conclusão:** A implementação de práticas de gestão ambiental mais rigorosas e de regulamentações específicas é essencial para mitigar a contaminação por fármacos. A articulação entre governo, indústria e sociedade civil é fundamental para promover a sustentabilidade e a proteção dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: Fármacos, Contaminação, Efluentes, Descarte, Medicamentos

ABSTRACT

Introduction: The increased consumption of pharmaceutical products and improper disposal into aquatic environments are critical factors in water resource pollution. The concentration of pharmaceuticals in effluents from hospitals, pharmaceutical industries, and residential sewage represents a significant environmental risk, as these compounds affect aquatic organisms and differ from other pollutants due to their potential for chronic effects and synergistic interactions. **Objective:** To analyze the risks to human health associated with exposure to pharmaceuticals in effluents and identify gaps in legislation and regulation regarding pharmaceutical contamination, proposing recommendations to strengthen public policies and environmental management practices. **Methodology:** The study involved a bibliographic and documentary analysis of contamination sources and environmental regulations, as well as a review of studies on the impacts of these compounds on human health and aquatic ecosystems. **Results and Discussion:** Exposure to pharmaceuticals through water resources and the food chain can cause adverse effects, requiring regulatory interventions. Gaps were identified in current legislation and effluent management, highlighting the need for improved public policies to control the disposal of medicines and mitigate environmental risks. **Conclusion:** The implementation of stricter environmental management practices and specific regulations is essential to mitigate pharmaceutical contamination. Collaboration between government, industry, and civil society is crucial to promoting sustainability and protecting aquatic ecosystems.

Keywords: Pharmaceuticals, Contamination, Effluents, Disposal, Medicines



INTRODUÇÃO

O aumento da população e a crescente demanda por serviços e produtos têm impulsionado o avanço no desenvolvimento de novos compostos, resultando em uma intensificação das atividades industriais. Especificamente no âmbito dos fármacos, a produção e o consumo em larga escala em todo o mundo levantam preocupações significativas sobre o descarte inadequado dos resíduos da indústria farmacêutica (JUNIOR, *et.al.*, 2014). Além disso, a persistência desses compostos no ambiente, mesmo após o tratamento convencional de água, ressalta a problemática dos resíduos farmacêuticos não serem eliminados efetivamente, o que pode representar riscos para a saúde pública e para o meio ambiente.

A contaminação de fármacos em efluentes tem origem tanto no descarte inadequado de medicamentos pelos consumidores quanto na excreção de compostos farmacêuticos não metabolizados pelo corpo humano (DE OLIVEIRA, 2023). Além disso, a atividade industrial, incluindo a produção e o descarte de fármacos, contribui significativamente para a carga de poluentes farmacêuticos nos sistemas aquáticos em efluentes um desafio complexo.

A presença de fármacos nos efluentes também levanta preocupações para a saúde pública, uma vez que esses compostos podem contaminar as fontes de água potável. A exposição humana a longo prazo a baixas doses de fármacos pode ter efeitos cumulativos sobre a saúde, incluindo o potencial de causar desregulação endócrina e impactar o desenvolvimento fetal (AQUINO *et al.*, 2013).

A investigação dos malefícios associados à contaminação de fármacos em efluentes é substancialmente fundamentada na necessidade de abordar uma questão de crescente importância ambiental e de saúde pública. A contaminação de corpos d'água por resíduos farmacêuticos surge como um desafio significativo, causando preocupações devido aos potenciais impactos adversos sobre os ecossistemas aquáticos e à saúde humana. Estudos documentam os efeitos nocivos desses compostos sobre organismos aquáticos, evidenciando distúrbios hormonais,



alterações comportamentais e o desenvolvimento de resistência antimicrobiana. Diante disso, a análise aprofundada desses danos é essencial para embasar estratégias de intervenção e regulamentação eficazes, visando preservar a integridade dos ecossistemas aquáticos e mitigar os riscos à saúde pública.

O objetivo da presente pesquisa é investigar os malefícios da contaminação de fármacos em efluentes, identificando os impactos ambientais e os riscos para a saúde pública. E como objetivos específicos, têm-se: investigar os efeitos dos fármacos contaminantes sobre os ecossistemas aquáticos, incluindo a toxicidade para organismos aquáticos; analisar os potenciais riscos à saúde humana, considerando tanto a contaminação direta de recursos hídricos quanto os efeitos indiretos por meio da cadeia alimentar; identificar os principais desafios e lacunas na legislação e regulamentação relacionadas à contaminação de fármacos em efluentes.

METODOLOGIA

Para realização deste artigo, o método de pesquisa adotado foi a revisão sistemática quali- quantitativa, em que foram utilizados estudos exploratórios em artigos científicos, relatórios e sites como Scielo, Google scholar, sites e blogs, voltados para temáticas sobre os efeitos nocivos da contaminação de efluentes por fármacos. Sendo que, foram usados como critérios de inclusão, as publicações dos últimos 11 anos, na língua portuguesa, e como critério de exclusão, publicações de mais de 11 anos, na língua inglesa e que fugisse do tema do artigo. Além de apresentar as seguintes palavras chaves: fármacos, efluentes, meio ambiente, contaminação. A seleção dos estudos foi dividida em duas etapas: a triagem de títulos e a leitura completa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fármacos incluem todas as drogas, de uso humano e veterinário, consumidas, com ou sem indicação médica. Nas últimas décadas houve um aumento significativo no consumo de fármacos mundialmente, inclusive no Brasil. Entre os medicamentos mais vendidos estão os analgésicos, antitérmicos e aqueles de uso contínuo como os reguladores lipídicos, anticoncepcionais e antidepressivos (DE OLIVEIRA et. al, 2023). O uso de fármacos tem se tornado algo convencional na medicina moderna, desempenhando um papel vital na prevenção e tratamento de doenças, porém acaba desencadeando um consumo desnecessário em alguns casos. Infelizmente, isso afeta indiretamente os recursos hídricos e saúde da população e do meio ambiente, através dos fármacos presentes nos efluentes.

Sabe-se que os fármacos chegam aos recursos hídricos através das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) por intermédio da urina e fezes, porém a maioria das ETE não consegue tratar os fármacos presentes nesses efluentes. Logo, é importante medir não só as concentrações ambientais dos poluentes fármacos, mas também se são toxicologicamente significativas, ou seja, se têm o potencial para causar efeitos adversos aos seres vivos nas concentrações observadas no ambiente (CALDEIRA, 2021). Com base nisso, fica a necessidade de investigar de que maneira essa problemática pode afetar a saúde dos diferentes seres vivos, além de identificar os desafios na legislação. Portanto, foi feito um levantamento baseado nos seguintes autores:

Quadro 1 - Levantamento de resultados

(AUTOR, ANO)	OBJETIVOS	RESULTADOS
GAFFNEY et. al, 2014	Validar o método de SPE-UPLC-(ESI)-MS/MS para a análise de 35 fármacos, de forma a caracterizar as águas captadas e distribuídas pela Entidade Gestora de Abastecimento Público em Lisboa, assim como	A presença destes contaminantes no meio ambiente pode representar um risco para os ecossistemas e direta ou indiretamente para o Homem, porque, contrariamente à maioria dos poluentes, eles foram

(AUTOR, ANO)	OBJETIVOS	RESULTADOS
	<p>implementar, a curto prazo, a monitorização destes Contaminantes Emergentes na rotina do controle de qualidade da empresa.</p>	<p>concebidos para terem uma ação específica no corpo humano e atuarem em concentrações muito baixas. A exposição crônica a concentrações baixas de certas classes de fármacos existentes no meio ambiente, como os antineoplásicos, hormônios, antidepressivos, antibióticos, analgésicos, anti-inflamatórios, antipiréticos e reguladores lipídicos, podem originar efeitos muito adversos na saúde humana, nomeadamente, lesão celular, desregulação endócrina, infertilidade, alteração comportamental, resistência aos antibióticos e alteração da pressão arterial, entre outros, o que torna relevante e necessário o estudo da ocorrência destes compostos no meio ambiente e estudos de avaliação do risco de exposição.</p>
<p>JUNIOR e TOLEDO, 2017</p>	<p>Comentar sobre o descarte irregular de medicamentos e os impactos à saúde e ao meio ambiente</p>	<p>Os medicamentos lançados de forma irregular no lixo comum, vão parar em aterro comprometendo a qualidade do solo. Os componentes químicos descartados podem alcançar o nível freático, poluindo o reservatório das águas submersas no solo, que posteriormente são consumidos por animais.</p>
<p>TANNUS et.al, 2017</p>	<p>Citar impactos ambientais decorrentes do descarte irregular de fármacos.</p>	<p>A legislação atual sobre o fracionamento de medicamentos é delimitada</p>

(AUTOR, ANO)	OBJETIVOS	RESULTADOS
		<p>inicialmente pelo Decreto nº 74.170/74, que regulamenta a Lei nº 5991/73, embora o fracionamento não seja compulsório. A ANVISA publicou uma lista de 800 medicamentos autorizados para fracionamento, visando reduzir o descarte inadequado. Posteriormente, a RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004, da ANVISA, estabelece o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, enquanto a Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005, do Ministério do Meio Ambiente, trata do tratamento e disposição final desses resíduos. Tais resoluções abordam a classificação e manejo adequado dos resíduos gerados nos serviços de saúde. A RDC 306/04 requer que os estabelecimentos de saúde possuam um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS).</p>
<p>DA SILVA <i>et. al</i>, 2019</p>	<p>Levantar informações sobre a presença de fármacos em matrizes ambientais, seus efeitos no meio aquático e suas consequências para os organismos aquáticos e para os seres humanos expostos.</p>	<p>A presença de contaminantes, como fármacos, nos recursos hídricos é um assunto alarmante. Com isso, observou-se o aumento de pesquisas acerca desse assunto e como isso afeta os diferentes seres vivos. Verificou-se que diferentes tipos de fármacos podem ser encontrados em diversas matrizes ambientais e causar efeitos ecotoxicológicos a diversos organismos aquáticos como algas,</p>

(AUTOR, ANO)	OBJETIVOS	RESULTADOS
		<p>moluscos, peixes e plantas aquáticas. Logo, percebe-se que a presença de fármacos na diferentes matrizes ambientais podem impactar na biota aquática por meio da feminização de peixes, desenvolvimento de bactérias resistentes e diminuição da diversidade de espécies. Portanto, a problemática da contaminação dos recursos hídricos por fármacos envolve grandes desafios principalmente na prevenção das matrizes ambientais.</p>
AMARAL, 2021	<p>Descrever os principais Impactos sociais e de saúde pública decorrentes do descarte irregular de medicamento</p>	<p>O consumo de peixes de rios e oceanos que teve contaminação direta de fármacos geram contaminação indiretas aos seres humanos. Essas substâncias não são efetivamente removidas pelos tratamentos convencionais nas ETEs. Isso causa efeitos prejudiciais ao ambiente, pois essas substâncias são consumidas pelos seres vivos por meio da água. Estes compostos, quando em presença no solo e na água, podem provocar contaminação, que mesmo em uma rede de tratamento de esgoto não é removida completamente. Descarte de produtos farmacológicos de modo incorreto em rede de esgoto e aterros, provoca contaminação do solo, lençóis freáticos, lagos, rios e represas, afetando também a fauna e flora que fazem parte do ciclo de vida da região</p>

(AUTOR, ANO)	OBJETIVOS	RESULTADOS
		contaminada.
SILVA <i>et al</i> , 2023	Citar os principais fármacos e substâncias químicas descartadas irregularmente no meio ambiente.	Os principais medicamentos encontrados no ambiente aquáticos, são antibióticos e antineoplásicos, β -bloqueadores, reguladores lipídicos, analgésicos, anti-inflamatórios, antiepiléticos, antidepressivos, hormônios e esteróides. Os efeitos tóxicos nos seres vivos, como genotoxicidade, perturbação endócrina e seleção de bactérias patogênicas resistentes, são um risco emergente.

Fonte: Próprio autor, adaptado de: AMARAL, 2021; GAFFNEY *et. al*, 2014; JUNIOR e TOLEDO, 2017; TANNUS *et.al*, 2017; DA SILVA *et. al*, 2019; SILVA *et al*, 2023.

De acordo com os resultados do quadro e ao investigar os efeitos dos fármacos contaminantes sobre os ecossistemas aquáticos, ficou evidente que essas substâncias exercem uma toxicidade significativa sobre os organismos aquáticos, incluindo peixes, algas, moluscos e outras formas de vida aquática. Os estudos revisados documentam uma ampla gama de efeitos adversos, como distúrbios hormonais, alterações comportamentais e o desenvolvimento de resistência antimicrobiana, todos representando sérias ameaças à biodiversidade e ao equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (DA SILVA *et. al*, 2019).

Além disso, ao analisar os potenciais riscos à saúde humana, foi constatado que a contaminação direta de recursos hídricos por fármacos representa uma preocupação significativa. A exposição humana a longo prazo a essas substâncias pode resultar em efeitos adversos, incluindo desregulação endócrina e impactos no desenvolvimento fetal. Além disso, os efeitos indiretos por meio da cadeia alimentar aumentam os riscos, uma vez que os seres humanos podem ser expostos a fármacos bioacumulados por meio do consumo de peixes e outros organismos aquáticos contaminados (GAFFNEY et. al, 2014; SILVA et al, 2023)

Por fim, ao identificar os principais desafios e lacunas na legislação e regulamentação relacionadas à contaminação de fármacos em efluentes, observou-se que embora existam diretrizes e políticas estabelecidas para o gerenciamento desses resíduos, ainda há uma necessidade urgente de revisão e fortalecimento dessas medidas.

A análise das Resoluções CONAMA nº 357 de 2005 e nº 430 de 2011 revela a ausência de estabelecimento de limites de concentração para os fármacos investigados, nomeadamente antibióticos e hormônios, sendo tais limites designados apenas para outros compostos, tais como metais. No entanto, uma leitura aprofundada dessas resoluções revela que certos parâmetros, como a toxicidade do efluente destinado a ser lançado no solo ou em corpos d' água receptores, a classificação do corpo de água receptor e o impacto ambiental provocado por este efluente no meio receptor, são criteriosamente considerados na avaliação realizada pelo órgão ambiental competente, a fim de que uma entidade possa legalmente direcionar seus efluentes (BRASIL). Nesse sentido, as lacunas na legislação existente representam obstáculos significativos para lidar eficazmente com essa questão complexa, destacando a importância de uma abordagem integrada e abrangente para garantir a proteção dos recursos hídricos e da saúde pública.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os aspectos abordados neste artigo sobre os malefícios da contaminação de fármacos em efluentes, é evidente a complexidade e a relevância dessa problemática ambiental e de saúde pública. Ao longo deste estudo, foi possível destacar diversos pontos cruciais.

Primeiramente, a produção e o consumo em larga escala de fármacos têm gerado uma crescente preocupação sobre o descarte inadequado desses compostos, tanto pela indústria farmacêutica quanto pelos consumidores. Essa prática resulta na presença significativa de fármacos nos efluentes, representando um desafio para as estações de tratamento de água, que muitas vezes não conseguem eliminar esses compostos de forma eficaz.

Além disso, a persistência dos fármacos no ambiente após o tratamento convencional de água ressalta a necessidade urgente de abordar essa questão. A contaminação de corpos d'água por resíduos farmacêuticos representa um risco para os ecossistemas aquáticos, causando distúrbios hormonais, alterações comportamentais e o desenvolvimento de resistência antimicrobiana em organismos aquáticos.

Do ponto de vista da saúde pública, a presença de fármacos nos efluentes pode contaminar as fontes de água potável, expondo a população a longo prazo a baixas doses dessas substâncias. Isso pode ter efeitos adversos, incluindo desregulação endócrina e potenciais danos ao desenvolvimento fetal.

Diante desses desafios, é fundamental a implementação de estratégias de intervenção e regulamentação eficazes para mitigar os riscos associados à contaminação de fármacos em efluentes. Isso inclui a adoção de tecnologias avançadas de tratamento de água, a conscientização pública sobre o descarte adequado de medicamentos e a revisão das legislações e regulamentações relacionadas a essa questão.



Em suma, a investigação dos malefícios da contaminação de fármacos em efluentes é crucial para preservar a integridade dos ecossistemas aquáticos e proteger a saúde pública. Espera-se que este estudo contribua para uma maior conscientização sobre essa problemática e estimule ações efetivas para enfrentá-la no futuro.

REFERÊNCIAS

AQUINO, Sérgio Francisco de; BRANDT, Emanuel Manfred Freire; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, p. 187-204, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/DV5v33YwS6jFK4mw99WkTsc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 11 jun 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. N° 430 de 13/05/2011 (Federal) - **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.** 2011. Disponível em: <http://bit.ly/1FY24dj>>. Acesso: 02 jun. 2024

CALDEIRA, Mafalda Ferreira Sepúlveda. **Fármacos no Ambiente: O envolvimento ambiental dos indivíduos influencia as suas percepções, conhecimentos e comportamentos?**. 2021. Tese de Doutorado. ISCTE-Instituto Universitario de Lisboa (Portugal). Disponível em https://repositorio.iscteuiul.pt/bitstream/10071/24748/1/master_mafalda_sepulveda_caldeira.pdf. Acesso: 10 jun 2024.

CUNHA, Danieli Lima da et al. Ocorrência e remoção de estrogênios por processos de tratamento biológico de esgotos. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 249-262, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/KzHGgvRw6Rh4QNCbjPb44Dh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 10 jun 2024.

DA SILVA ESCHER, Mayara Andria et al. **A problemática ambiental da contaminação dos recursos hídricos por fármacos.** Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB), n. 51, p. 141-148, 2019. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/469/452. Acesso 08 jun 2024.

DE OLIVEIRA, Valberto Barbosa et al. **Impactos ambientais e toxicológicos pela contaminação de fármacos principalmente antibióticos em ambientes aquáticos:**



revisão da literatura. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 7, p. 838-850, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10620>. Acesso: 11 jun 2024.

JUNIOR, Ismael Laurindo Costa; PLETSCHE, Adelmo L.; TORRES, Yohandra R. Ocorrência de fármacos antidepressivos no meio ambiente-revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 5, p. 1408-1431, 2014. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/786/497>. Acesso: 11 jun 2024.

SOUZA, Carla Patricia Figueiredo Antunes de et al. **Risco ambiental estimado dos resíduos de medicamentos distribuídos pelas Unidades de Atenção Primária à Saúde no município do Rio de Janeiro**. 2022. Tese de Doutorado. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/57485/carla_patricia_figueiredo_antunes_ouza_ensp_dout_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso: 07 jun 2024.

TANNUS, Michel Moreira. Poluição ambiental causada por fármacos para usos humanos e veterinários. *Rev Acadêmica Oswaldo Cruz*, v. 4, n. 15, p. 9, 2017. Disponível em: http://www.revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_15_TANNUS_Michel_Moreira.pdf. Acesso: 03 jun 2024.

ZAPPAROLI, I. D.; CAMARA, MRG da; BECK, C. Medidas mitigadoras para a indústria de fármacos Comarca de Londrina-PR, Brasil: impacto ambiental do despejo de resíduos em corpos hídricos. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**. 2011. p. 18-20. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6A/3/Zapparoli_ID%20-%20P aper%20-%206A3.pdf. Acesso: 03 jun 2024.

GAFFNEY, Vanessa de Jesus et al. Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS. *Química nova*, v. 37, p. 138-149, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jqn/a/nxRJNH7T6nxfXwRSJZrYRnD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 03 jun 2024.

JUNIOR, Ernandes; TOLEDO, Carlos Augusto. O DESCARTE INADEQUADO DE MEDICAMENTOS E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS. *Revista FT*, 2023. Disponível em: <https://revistافت.com.br/o-descarte-inadequado-de-medicamentos-e-os-impactos-socioambientais/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

AMARAL, João Joaquim Freitas do; SOUZA, Maria Naires Alves de. Pesquisa bibliográfica para a área da saúde. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58544/1/2021_liv_jjfamaral.pdf. Acesso: 11 jun 2024.

