



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

IMPACTOS AMBIENTIAIS DOS DESRUPTORES ENDOCRINOS EM EFLUENTES: Problemas e alternativas para mitigação

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ENDOCRINE DISRUPTORS IN EFFLUENTS: Problems and alternatives for mitigation

Gabriela Arkchimor Paes Santos^I
Marita Vedovelli Cardozo^{II}
Rose Maria Duda^{III}
Roberto Alves de Oliveira^{IV}

Área: Ciências Ambientais, Biológicas e Agrárias.

RESUMO

Os desruptores endócrinos (EDCs) abrangem classes estruturalmente diversas de contaminantes emergentes, incluindo principalmente hormônios esteróides sintéticos; produtos farmacêuticos; produtos químicos industriais; pesticidas; subprodutos da combustão e dioxinas. Os EDCs podem ser detectados e medidos em ambientes aquáticos, como águas superficiais, águas subterrâneas, águas residuais, escoamento e lixiviados de aterros, esses micropoluentes são uma ameaça para o ambiente e para a saúde pública, uma vez que esses elementos afetam negativamente as funções endócrinas dos organismos. Os sistemas convencionais de tratamento de efluentes não são efetivos na remoção dos EDCs, sendo que inúmeros estudos nesse sentido estão sendo realizados no intuito de reduzir a presença desses contaminantes no ambiente. Este trabalho é uma revisão bibliográfica, com o objetivo de destacar os problemas ambientais dos EDCs no ambiente e citar algumas alternativas de tratamento de efluentes disponíveis para redução desses.

Palavras-chave: Poluentes emergentes. Contaminação ambiental. Tratamento de efluentes. Estação de Tratamento de Esgoto. Hormônios.

ABSTRACT

Endocrine disruptors (EDCs) encompass structurally diverse classes of emerging contaminants, including primarily synthetic steroid hormones; pharmaceutical products; industrial chemicals; pesticides; combustion by-products and dioxins. EDCs can be detected and measured in aquatic environments such as surface water, groundwater, wastewater, landfill runoff and leachate, these micropollutants are a threat to the environment and public health as these elements adversely affect the functions endocrine organs. Conventional

^I Mestranda em Microbiologia Agropecuária, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: gabriela.paes@unesp.br.

^{II} Professora Dra. Marita Vedovelli Cardozo, Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade de Passos, Laboratório de Fisiologia de Microrganismos. E-mail: marita.vedovelli@unesp.br.

^{III} Professora Dra. Rose Maria Duda, Faculdade de Tecnologia “Nilo de Stéfani”, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: rose.duda@unesp.br

^{IV} Professor Dr. Roberto Alves de Oliveira, Laboratório de Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista (UNESP), faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: roberto.alves-oliveira@unesp.br.



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

effluent treatment systems are not effective in removing EDCs, and numerous studies in this direction are being carried out in order to reduce the presence of these contaminants in the environment. This work is a bibliographic review, with the objective of highlighting the environmental problems of EDCs in the environment and citing some effluent treatment alternatives available to reduce these.

Keywords: Emerging pollutants. Environmental contamination. Wastewater treatment. Sewage treatment station. Hormones.

Data de submissão do artigo: 21/ 07 /2022.

Data de aprovação do artigo: 31/08/2022.

DOI:

1 INTRODUÇÃO

Os produtos químicos desruptores endócrinos (EDCs) são definidos como substâncias ou misturas exógenas que causam impactos prejudiciais à saúde dos organismos, interferindo no funcionamento do sistema endócrino. Podendo ainda causar efeitos adversos as progênes (ISMANTO *et al.*, 2022).

Muitos desses produtos químicos são antropogênicos, como é o caso dos plastificantes, pesticidas, produtos farmacêuticos e detergentes. Mas podem ser de origem natural, por exemplo, fitoestrógenos e metabólitos secundários de plantas. Eles atingem as águas subterrâneas após descarga direta de efluentes, uso doméstico, derramamentos acidentais e por efluentes industriais e agrícolas. Consequentemente, a absorção e distribuição de desruptores endócrinos em muitas culturas de hortaliças e frutas tem sido observada, indicando uma exposição potencialmente significativa para humanos (TAPIA-OROZCO *et al.*, 2016).

Muitos compostos como dissulfeto de carbono, bisfenol A (BPA), bisfenol S (BPS), o -fenilfenol, éter difenil tetrabromado, 4-cloro-3-metilfenol, 2,4-diclorofenol, resorcinol, 4-nitrotolueno, 2,20 -bis(4-(2,3-epoxipropoxi)fenil) propano, 4-octilfenol, estrona (E1), 17 α -etinilestradiol (EE2) e 17 β -estradiol (β E2) são classificados como potenciais compostos desreguladores endócrinos. Os EDCs predominantes das indústrias farmacêuticas incluem triclosan, nonilfenol, etoxilatos de nonilfenol, etoxilatos de octilfenol e octilfenol e têm sido amplamente detectados nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) (SURANA *et al.*, 2022).

Dos aproximadamente 140.000 produtos químicos registrados sob o regulamento 'Registro, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos' da União Européia, mais de 1.000 são conhecidos, ou suspeitos, de terem propriedades desruptoras endócrinas. No entanto, a maioria dos produtos químicos não foi testada quanto à atividade endócrina, o que significa que provavelmente há muito mais produtos que causem esses efeitos no organismo (BERTRAM *et al.*, 2022).

A preocupação global associada aos EDCs é maximizada devido à sua toxicidade, bioacumulação, persistência e a ineficácia das estações de tratamento de águas residuais para sua remoção. Os EDCs são atualmente reconhecidos como uma ameaça muito séria e de extrema importância para a saúde pública que está emergindo como um risco ambiental em todo o mundo (GONZALEZ-GONZALEZ *et al.*, 2022).



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

Nesse sentido, o processo de tratamento de efluentes é um fator crucial para a remoção de EDCs nas ETEs. O conhecimento aprofundado desse assunto pode facilitar melhorias na eficácia de tratamentos (YU *et al.*, 2022).

Deste modo, qual a importância dos EDCs no meio ambiente, e quais alternativas de mitigação para esse problema? Este trabalho tem como objetivo apontar a importância da mitigação dos impactos dos disruptores endócrinos no ambiente. Como também, apresentar alguns meios de tratamento que vem demonstrando resultado na remoção dos EDCs em águas residuárias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os compostos disruptores endócrinos são micropoluentes ambientais emergentes que causam séria poluição ambiental e, conseqüentemente, afetam a vida selvagem e a saúde pública devido a seus comportamentos semelhantes a hormônios. Os EDCs causam alterações nas funções dos hormônios normais e sistemas endócrinos de um organismo por dois motivos: bloqueando ou imitando hormônios endógenos e por causa de seus comportamentos de modulação endócrina. Os EDCs, por exemplo, causam defeitos congênitos, distúrbios neurológicos ou de desenvolvimento, malformação de órgãos sexuais, efeitos imunológicos adversos, câncer de mama, tumores cancerígenos e outros efeitos agudos e crônicos, mesmo em baixas concentrações (WERKNEH *et al.*, 2022).

Os EDCs podem interferir nos ciclos hormonais naturais em humanos ou animais. Peixes e animais selvagens podem ser expostos a EDCs antropogênicos exógenos através de águas superficiais contaminadas. Concentrações de alguns EDCs em águas superficiais são detectadas na faixa de partes por trilhão ou partes por bilhão, mas há evidências de que, mesmo nesses níveis baixos, os EDCs podem afetar negativamente os organismos (JACKSON; SUTTON, 2008).

Um problema ao lidar com EDCs é que alguns deles não podem se degradar naturalmente; portanto, esses EDCs se acumulam nos ecossistemas. Para mitigar a presença de EDCs em efluentes, foram desenvolvidas diversas metodologias de tratamento, que podem ser divididas em quatro grupos principais: 1) físicos, 2) químicos, 3) eletroquímicos e 4) biológicos. Diferentes tipos de tecnologias de tratamento foram otimizados em cada uma dessas quatro categorias. A eficácia dessas tecnologias de tratamento é altamente dependente das propriedades físico-químicas dos EDCs, bem como do ambiente aquático. Portanto, a seleção da tecnologia adequada requer um profundo conhecimento sobre esses parâmetros, caso contrário, sua eficiência será drasticamente afetada (AZIZI *et al.*, 2022).

A exposição humana a EDCs no meio ambiente é uma preocupação com risco de vida com conseqüências desconhecidas a longo prazo, particularmente quando as águas residuárias carregadas de EDC são usadas como fertilizante ou efluente reutilizado em práticas agrícolas. Além disso, a principal fonte desses contaminantes no meio ambiente são as ETE. Uma vez que essas não foi projetado para remover esses micropoluentes. Muitos processos de separação como coagulação, floculação e precipitação têm sido utilizados para a remoção de EDCs de diferentes águas. Processos biológicos convencionais, como lodo ativado, pântanos construídos, biofiltração mostraram remoção limitada de EDCs, enquanto processos de tratamento avançado, como carvão ativado granular, fotólise, fotocátalise, ferrato, oxidação de radicais livres, Fenton oxidação, sonólise, separação de membranas, cloração e ozonização têm mostrado resultados mais satisfatórios. Alguns sistemas híbridos como biorreator de



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

membrana (MBR) seguido de ultrafiltração/nanofiltração/osmose reversa, floculação seguida de lodo ativado e ultrafiltração também podem remover EDCs eficientemente de água e esgoto (AHMED *et al.*, 2018).

Outra complicação nas análises dessas substâncias é a variedade das matrizes em que estão presentes, incluindo tecidos e fluidos corporais, solos, sedimentos e lodos, água, águas residuais e até mesmo os gases, aerossóis e partículas que estão presentes em ambientes internos e ambientes externos. Muitos desses compostos são potentes em níveis baixos, de modo que os métodos para análise de EDCs devem ser sensíveis. Os desafios para a análise de EDCs incluem a falta de padrões comercialmente disponíveis para a quantificação de muitos analitos alvo (METCALFE *et al.*, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inúmeras técnicas de tratamento de efluentes vem sendo estudada em relação ao potencial de remoção dos EDCs em efluentes. A ocorrência desses é um problema ambiental e de saúde única. Dentre as técnicas disponíveis para tratamentos de efluentes, é possível destacar os processos biológicos, soluções ecologicamente corretas para o tratamento com custos mais baixos em comparação com os equivalentes físico-químicos (CASTELLANOS *et al.*, 2021). Os biorreatores de membrana (MBRs) são um desenvolvimento promissor no tratamento de águas residuais. Já dentro dos tratamentos físicos, pode-se destacar a tecnologia de adsorção, um processo prevalente, considerada uma das técnicas mais eficazes e confiáveis no tratamento de efluentes e principalmente na remoção de EDCs devido à sua simplicidade de operação. Além disso, as tecnologias de membranas também consideradas outro método físico promissor, para eliminar EDCs em processos avançados de tratamento de água e efluentes (AZIZI *et al.*, 2022). Dessa forma, independente da técnica de tratamento, é fundamental o aprimoramento desses, além do conhecimento das características dos efluentes a serem tratados e das interações físico-químicas relacionadas com os EDCs no ambiente.

5 CONCLUSÃO

É notória o impacto negativo dos disruptores endócrinos nas matrizes ambientais. A remoção desses poluentes emergentes vem sendo estudada, uma vez que as estações de tratamento convencionais não possuem ação significativa na redução desses micropoluentes. Dessa forma as pesquisas em alternativas para mitigação dos EDCs são fundamentais. Identificar e quantificar esses poluentes também é um desafio devido à baixa concentração e falta de tecnologia para identificação desses.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. B. *et al.* Sorptive removal of phenolic endocrine disruptors by functionalized biochar: Competitive interaction mechanism, removal efficacy and application in wastewater. **Chemical Engineering Journal**, v. 335, p. 801–811, 1 mar. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894717319538>. Acesso em: 19 jul. 2022.



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

- AZIZI, D. *et al.* A comprehensive review on current technologies for removal of endocrine disrupting chemicals from wastewaters. **Environmental Research**, v. 207, 1 maio 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121014973>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- BERTRAM, M. G. *et al.* Endocrine-disrupting chemicals. **Current Biology**, v. 32, 11 jul. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982222009071>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- CASTELLANOS, R. M.; DEZOTTI, M.; BASSIN, J. P. COD, nitrogen and phosphorus removal from simulated sewage in an aerobic granular sludge in the absence and presence of natural and synthetic estrogens: Performance and biomass physical properties assessment. **Biochemical Engineering Journal**, v. 176, 1 dez. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369703X21002977>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, R. B. *et al.* Prospecting carbon-based nanomaterials for the treatment and degradation of endocrine-disrupting pollutants. **Chemosphere**, v. 297, 1 jun. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522006658#bib21>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- ISMANTO, A. *et al.* Endocrine disrupting chemicals (EDCs) in environmental matrices: Occurrence, fate, health impact, physio-chemical and bioremediation technology. **Environmental Pollution**, v. 302, 1 jun. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749122002755#bib119>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- JACKSON, J.; SUTTON, R. Sources of endocrine-disrupting chemicals in urban wastewater, Oakland, CA. **Science of the Total Environment**, v. 405, n. 1–3, p. 153–160, 1 nov. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969708006876>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- METCALFE, C. D. *et al.* Methods for the analysis of endocrine disrupting chemicals in selected environmental matrixes. **Environmental Research**, v. 206, 15 abr. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121019174>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- SURANA, D. *et al.* A review on advances in removal of endocrine disrupting compounds from aquatic matrices: Future perspectives on utilization of agri-waste based adsorbents. **Science of the Total Environment B.V.**, 20 jun. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722012219#>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- TAPIA-OROZCO, N. *et al.* Removal strategies for endocrine disrupting chemicals using cellulose-based materials as adsorbents: A review. **Journal of Environmental Chemical**



EDIÇÃO 2022 – RESUMO EXPANDIDO

Engineering, v. 4, 1 set. 2016. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343716302366>. Acesso em: 19 jul. 2022.

WERKNEH, A. A. *et al.* Removal of endocrine disrupters from the contaminated environment: public health concerns, treatment strategies and future perspectives - A review.

Heliyon, v. 8, 1 abr. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022004947#bib2>. Acesso em: 17 jul. 2022.

YU, Q. *et al.* Spatiotemporal variation and removal of selected endocrine-disrupting chemicals in wastewater treatment plants across China: Treatment process comparison.

Science of the Total Environment, v. 835, 20 ago. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722024676>. Acesso em: 19 jul. 2022.