



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

COMPOSTOS DESREGULADORES ENDÓCRINOS EM ÁGUA: UMA PERSPECTIVA BIBLIOMÉTRICA

ENDOCRINE-DISRUPTORS COMPOUNDS IN WATER: A BIBLIOMETRIC PERSPECTIVE

COMPUESTOS DISRUPTORES ENDOCRINOS EN AGUA: UNA PERSPECTIVA BIBLIOMÉTRICA

Ana Carolina Bazon Demonel¹, Maria de Fátima Pereira dos Santos², & Maristela de Araujo Vicente^{3*}

^{1,2,3} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

¹ ana.demonel@edu.ufes.br ² maria.f.santos@ufes.br ^{3*} maristela.vicente@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 30.03.2022

Aprovado em: 10.06.2022

Disponibilizado em: 20.06.2022

PALAVRAS-CHAVE: Desreguladores endócrinos; água; bibliometria.

KEYWORDS: *Endocrine disruptors; water; bibliometric.*

PALABRAS CLAVE: *Disruptores endócrinos; agua; bibliometria*

*Autor Correspondente: Vicente, M. A.

RESUMO

O objetivo deste artigo é investigar a evolução dos estudos científicos sobre compostos desreguladores endócrinos em água. Um estudo bibliométrico foi realizado utilizando o software *Citespace* e o banco de dados *Web of Science*, no período de 1945 a 2021. Foi escolhido o período de maior produção de artigos (2010 a 2021) com 1624 artigos para compor o banco de dados. O software *Citespace* foi usado para analisar as publicações mais relevantes, países, instituições, autores e palavra-chave. Os resultados mostraram que a China e Estados Unidos contribuíram com o 17, 4 % e 16,5%, das publicações, respectivamente. Estudos sobre compostos desreguladores endócrinos em água mostra-se multidisciplinar abrangendo ecologia de ciências ambientais, química, engenharia, toxicologia, dentre outros campos. Periódicos como *Environmental Science Technology*, *Chemosphere*, *Science of the Total Environmental*, *Water research* foram as principais fontes dos trabalhos citados. Os resultados mostraram que as palavras-chave “hormônio”, “ácido”, “expressão” e “metabolito”, representam as tendências emergentes. Concluímos que os compostos desreguladores endócrinos podem representar um desafio e uma oportunidade de desenvolver metodologias para mitigar estes poluentes emergentes em água natural.

ABSTRACT

The purpose of this article is to investigate the evolution of scientific studies on endocrine-disrupting compounds in water. A bibliometric study was carried out using the Citespace software and the Web of Science database, from

1945 to 2021. The period with the highest production of articles (2010 to 2021) was chosen with 1624 articles to compose the database. Citespace software was used to analyze the most relevant publications, countries, institutions, authors, and keyword. The results showed that China and the United States contributed with 17, 4% and 16.5% of publications, respectively. Studies on endocrine disrupting compounds in water are multidisciplinary, encompassing ecology from environmental sciences, chemistry, engineering, toxicology, among other fields. Periodicals such as Environmental Science Technology, Chemosphere, Science of the Total Environmental, Water research were the main sources of the cited works. The results showed that the keywords “hormone”, “acid”, “expression” and “metabolite represent emerging trends. We conclude that endocrine-disrupting compounds can represent a challenge and an opportunity to develop methodologies to mitigate these emerging pollutants in freshwater.

RESUMEN

El propósito de este artículo es investigar la evolución de los estudios científicos sobre los compuestos disruptores endócrinos en el agua. Se realizó un estudio bibliométrico utilizando el software Citespace y la base de datos Web of Science, desde 1945 hasta 2021. Se eligió el periodo de mayor producción de artículos (2010 a 2021) con 1624 artículos para componer la base de datos. Se utilizó el software Citespace para analizar las publicaciones, países, instituciones, autores y palabras clave más relevantes. Los resultados mostraron que China y Estados Unidos contribuyeron con el 17,4% y el 16,5% de las publicaciones, respectivamente. Los estudios sobre los disruptores endócrinos en el agua son multidisciplinarios y abarcan la ecología desde las ciencias ambientales, la química, la ingeniería, la toxicología, entre otros campos. Publicaciones periódicas como Environmental Science Technology, Chemosphere, Science of the Total Environmental, Water research fueron las principales fuentes de los trabajos citados. Los resultados mostraron que las palabras clave “hormona”, “ácido”, “expresión” y “metabolito representan tendencias emergentes. Concluimos que los disruptores endócrinos pueden representar un desafío y una oportunidad para desarrollar metodologías para mitigar estos contaminantes emergentes en el agua natural.



1. INTRODUÇÃO

O aumento do impacto antrópico tem induzido uma descarga constante de novas substâncias no meio ambiente (Lu, Zhang, Wu, Zhang & Lin, 2020; Russo, Laneri, Lorenzo, Ferrara, & Grumetto, 2021). Os compostos desreguladores endócrinos (EDCs) pertencem a esse grupo de contaminantes emergentes que começaram a ser amplamente detectados em várias matrizes hídricas e têm chamado a atenção por sua toxicidade (Rathi, Kumar, & Show, 2021; Vieira, Farias, Spaolonzi, Silva & Vieira, 2021). Compostos desreguladores endócrinos são agentes e substâncias químicas que promovem alterações no sistema endócrino humano e de outros animais e com isso, afeta a saúde, o crescimento e a reprodução (Kabir, Rahman, & Rahman, 2015; Gonsioroski, Mourikes, & Flaws, 2020; Benvengas, Elia, Ragusa, Paparo, Sturniolo, Ferrari, Antonelli, & Fallahi, 2020). Segundo a definição da *Environmental Protection Agency (EPA)*, EDCs refere-se a “agente exógeno que interfere com síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação de hormônio natural no corpo que são responsáveis pela manutenção, reprodução, desenvolvimento e/ou comportamento dos organismos” (EPA, 1997). Eles são principalmente compostos orgânicos, como: pesticidas, produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, hormônios, plastificantes, aditivos alimentares, conservantes de madeira, detergentes para a roupa, surfactantes, desinfetantes, retardadores de chama e outros compostos orgânicos que foram encontrados em águas residuais gerados por atividades humanas e industriais (Rathi *et al.* 2021; Vieira *et al.* 2021; Ponnuchamy, Kapoor, Senthil Kumar, Vo, Balakrishnan, Mariam Jacob, & Sivaraman, 2021). Um grupo variado de compostos desreguladores endócrinos pôde ser exemplificado inicialmente por alguns agrotóxicos (inseticidas, herbicidas e fungicidas) e metais-traço (cádmio, mercúrio, chumbo, cromo, entre outros), cujos valores limite são contemplados na Resolução 430 (Brasil, 2011a) e na Portaria GM/MS N° 888 (Brasil, 2021b).

As pesquisas e os monitoramentos para detecção de fármacos e compostos desreguladores endócrinos nas principais águas brasileiras com potencial de serem utilizadas para o abastecimento público e em águas tratadas nas Estações de Tratamento de Água - ETA foram realizados em diferentes estados, destacando os do Sudeste (especialmente MG, SP e RJ) (Moreira, Aquino, Afonso, Santos, & Pádua, 2009; Montagner & Jardim, 2011; Jardim, Montagner, Pescara, Umbuzeiro, Bergamasco, Eldridge, & Sodr e, 2012). Estes resultados evidenciaram a presença de EDCs tanto em águas naturais, quanto em tratadas de uma grande gama de compostos com características diferentes, como medicamentos, hormônios naturais, sintéticos, e produtos industriais, principalmente os plastificantes (Lima, Tonucci, Libânio, & Aquino, 2017).

A análise bibliometria é uma ferramenta útil para análises estatísticas qualitativas e quantitativas para descrever padrões de distribuição de artigos dentro de um determinado t pico, auxiliando na construção de referenciais teóricos (Fu, Wang, & Ho, 2013). A literatura descreve inúmeras ferramentas e softwares que auxiliam na coleta e análise de dados para pesquisas bibliométricas. Diversos softwares livres e gratuitos estão disponíveis para análise de redes.   possível visualizar de maneira rápida os elementos das produ es mundiais, nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus*, *Dimension*, *Pubmed*, entre outras. O objetivo deste artigo é realizar uma revisão bibliométrica sobre compostos desreguladores endócrinos



(EDCs) em água, usando o *software Citespace*, para nortear pesquisas futuras e o estado da arte sobre o tema.

2. METODOLOGIA

Os bancos de dados mais conhecidos para análise bibliométrica são *Web of Science*, *Scopus* e *Pubmed*. Neste estudo, o banco de dados *Web of Science* foi escolhido por sua multidisciplinaridade, acesso facilidade para busca de referência citada. A metodologia para mapear a literatura sobre os tratamentos alternativos e métodos de determinação de compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes, consistiu das seguintes etapas:

2.1 Base de Dados

Para a realização deste estudo foram utilizadas às metodologias de bibliometria, explorando os periódicos da CAPES e a base de dados da *Web of Science* (WOS). Para coleta de dados na base de dados, foram utilizadas as publicações no período de 1945 a 2021, apenas documentos do tipo “artigo”, e usou-se como critério as palavras-chave “*water*” e “*Endocrine disruptors*”.

2.2 Análise Bibliométrica e seleção de referencial teórico

A análise dos dados coletados no WOS ocorreu com o auxílio do Microsoft Excel 365 e o *software Citespace* (<http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/>). O *software Citespace* permite visualizar tendências na literatura científica. O software identifica rupturas (quando um determinado conhecimento abre espaço para a novidade científica) e explosões (quando ocorre um aumento significativo de publicação de artigos no mesmo tema), e interligações entre diferentes frentes de estudos (Chen, 2006). Inicialmente foi realizado uma consulta de caráter exploratório para estabelecer critérios de seleção de artigos (termos; escala temporal; tipo de documentos). Com o critério adotado, foram recuperados artigos publicados de 1945 a 2021 em inglês e a seguir, foi verificado a relevância dos resultados. Obteve-se um total de 2.233 referências que servirão de suporte e base para a discussão deste trabalho. Para construção do banco de dados, apenas os “artigos” foram selecionados. Os dados do documento foram salvos na forma de registros completos e as referências citadas em formato de texto simples. Uma pasta de “dados” foi criada para exportar os do WOS, e os arquivos nomeados “download _ __.txt” (__ representa o número) para serem reconhecidos pelo *software CiteSpace*. No banco de dados final, foi identificado os artigos que obtiveram destaque no campo de pesquisa e as relações entre eles. Explorando os dados, foi construído gráficos expondo as informações consideradas relevantes como mapa de autores e citações, países, instituições, e palavras-chave mais relevantes sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes.

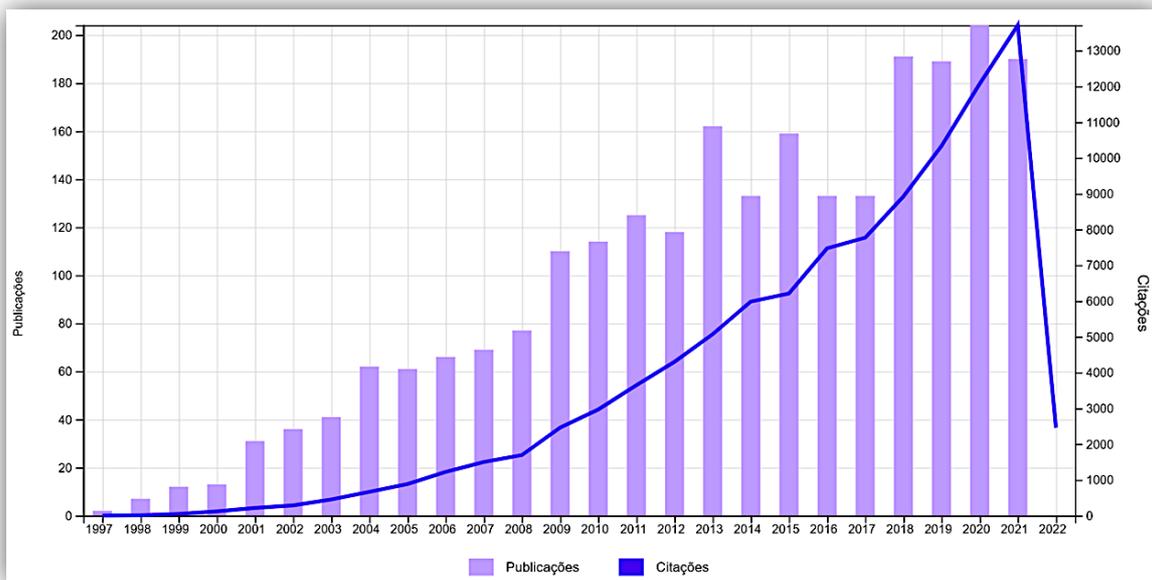
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo exploratório de busca, utilizando as palavras-chave “*water*” e “*endocrine disruptors*”, recuperou 2.233 publicações, no período de 1945 a 2021. O primeiro artigo que relata necessidades de avaliação dos riscos dos efeitos dos compostos desreguladores endócrinos na saúde e no ambiente é de 1996 (Kavlock, Daston, Derosa, Fenner-Crisp, Gray, Kaattari, Lucier, Luster, Mac, Maczaka, Miller, Moore, Rolland, Scott, Sheehan, Sinks, & Tilson, 1996). A Agência de Proteção Ambiental dos EUA patrocinou um workshop em abril



de 1995 para reunir as partes interessadas em um esforço para identificar lacunas de pesquisa relacionadas a essa hipótese e estabelecer prioridades para futuras atividades de pesquisa. Em 1997, pesquisadores sugerem a necessidade de estabelecer métodos confiáveis para detectar compostos desreguladores endócrinos (Castillo & Barcelo, 1997; Stahlschmidt-Allner, Allner, Rombke, & Knacker, 1997). Em 1998, pesquisadores examinaram a atividade estrogênica dos produtos bisfenol A e o octilfenol quanto aos seus efeitos nos órgãos reprodutivos. Esses produtos químicos são usados na fabricação de plásticos e outros produtos, e foram detectados em alimentos e água consumidos por animais e pessoas (Vom Saal, Cooke, Buchanan, Palanza, Thayer, Nagel, Parmigiani, & Welshons, 1998; Olea & Pazos, 1998). No período de 1997 a 2010, foram publicados 172 artigos sobre investigações de compostos desreguladores endócrinos e seus efeitos na saúde humana e no ambiente (Figura 1). A relevância do assunto e o desafio para detecção dos compostos desreguladores endócrinos em efluentes, pode ser medido em 1624 artigos publicados no período de 2010 a 2021. Uma análise bibliométrica utilizando o *software Citespace*, foi realizada com o objetivo de analisar as principais características encontradas neste referencial teórico.

Figura 1. Número de artigos publicados e citações, sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes, publicados no período de 1997 a 2021.



Fonte: Análise de relatório, *site Web of Science* (2022).

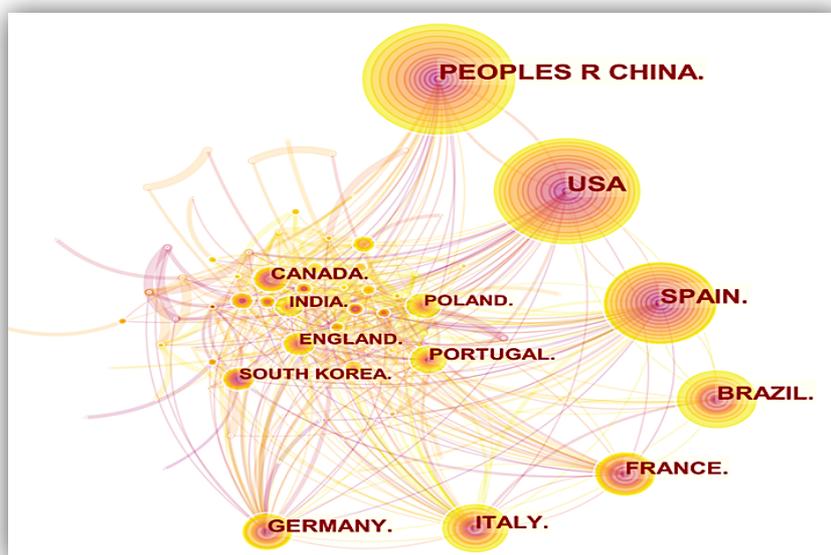
Utilizando o *software Citespace*, foi gerado um mapa de distribuição dos países resultando em uma rede composta por 87 nós e 444 links (Figura 2).

Os nós e ligações entre eles revelam os países e as relações de cooperação, respectivamente. Na representação da rede, o círculo é usado para indicar o peso do item (número de documentos e citações efetuadas), ou seja, quanto maior o peso de um item, maior o círculo. No período de 2010 a 2021, quatro países registraram explosões: Coreia do Sul (2010-2011, força de 3,09); Canadá (2013-2014, força de 3,81); França (2013-2014, força de 3,54) e Índia (2019-2021, força de 4,9). Foram publicadas 1614 referências por grupos de pesquisa em 77 países; os sete principais países foram China (232), Estados Unidos (203), Espanha (161),



Brasil (95), França (77), Itália (76) e Alemanha (68). O rápido desenvolvimento industrial e urbano da China nos últimos anos instigou pesquisadores a investigar sobre o impacto dos EDCs em ambientes aquáticos daquele país. A escassez de água, a disparidade regional, a urbanização e as mudanças climáticas são os principais desafios para a água potável segura e saudável na China (Wu, 2020). Por outro lado, os Estados Unidos iniciaram um programa de investigação sobre o potencial de pesticidas químicos e contaminantes da água potável (Browne, P., Noyes, P. D., Casey, W. M., & Dix, D. J., 2017). A comunidade científica e agências internacionais buscaram compreender o impacto dos EDCs no ambiente e na vida humana (Margina, D., Nițulescu, G. M., Ungurianu, A., Mesnage, R., Goumenou, M., Sarigiannis, D. A., Aschner, M., Spandidos, D. A., Renieri, E. A., Hernández, A. F., & Tsatsakis, A., 2019). Este esforço internacional está representado pelo número de artigos no tema.

Figura 2. Países que mais publicaram sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes, no período de 2010 a 2021.

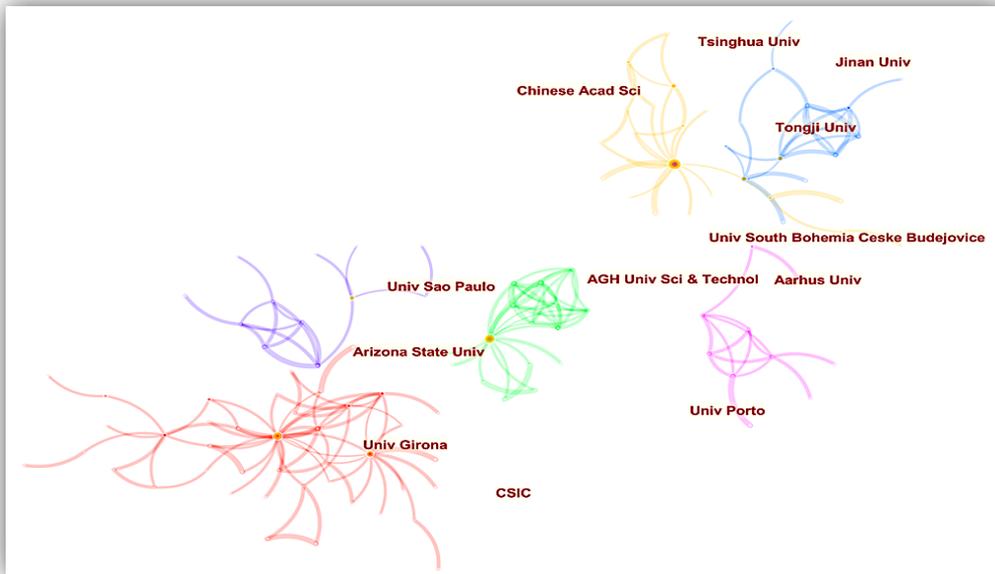


Fonte: Autores com o auxílio do *software Citespace* (2022).

Para avaliar a contribuição das instituições nas publicações, uma rede foi gerada usando o *software Citespace* (Figura 3). Foram elencadas 375 instituições, formando 375 nós e 323 links. Na representação da rede, o círculo é usado para indicar o peso do item (número de documentos e citações efetuadas), ou seja, quanto maior o peso de um item, maior o círculo. A Academia Chinesa de Ciências (China), localizada em Pequim, tem a maior frequência de publicações (35), seguida pela Universidade do Porto (Portugal) e Conselho Superior de Investigações Científicas – CSIC (Espanha), com 28 e 25 publicações, respectivamente. A contribuição brasileira está representada na participação de diversas universidades. As instituições brasileiras que tiveram a maior frequência de publicações foram a Universidade de São Paulo (USP) com 16 documentos, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com 4 documentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com 4 documentos; Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), com 3 documentos; Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) e Universidade Federal de Ceará (UFC), ambas com 2 documentos.



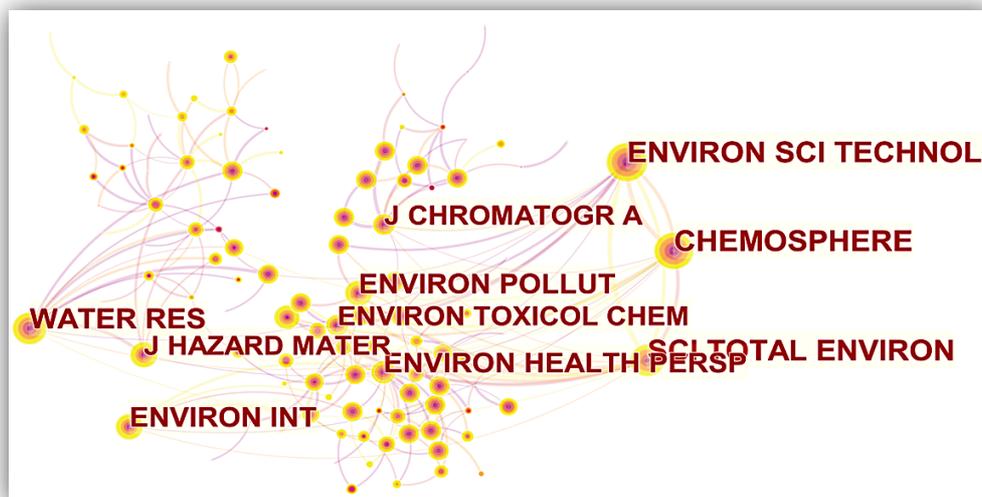
Figura 3. Instituições que maior frequência de publicações sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes, publicados no período de 2010 a 2021.



Fonte: Autores com o auxílio do software *Citespace* (2022).

No período de 2010 a 2021, os três periódicos que registram maior explosão foram: *Ozone: Science & Engineering* (2010-2015, força de 14,89); *Chromatographia* (2010-2015); *Analytical Chemistry* (2010-2012, força de 11,36). Se observarmos apenas o período de 2019-2021, outros periódicos despontam nos registros de explosão: *Applied Surface Science* (força de 10,74); *Desalination and Water Treatment* (força de 10,37); *Journal of Cleaner Production* e *EFSA Journal* (força de 9,26); *Journal of the Brazilian Chemical Society* (força de 8,89). Uma rede com os principais periódicos foi gerada, formando 147 nós e 219 links (Figura 4).

Figura 4. Periódicos de maior frequência de citações sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes, publicados no período de 2010 a 2021.



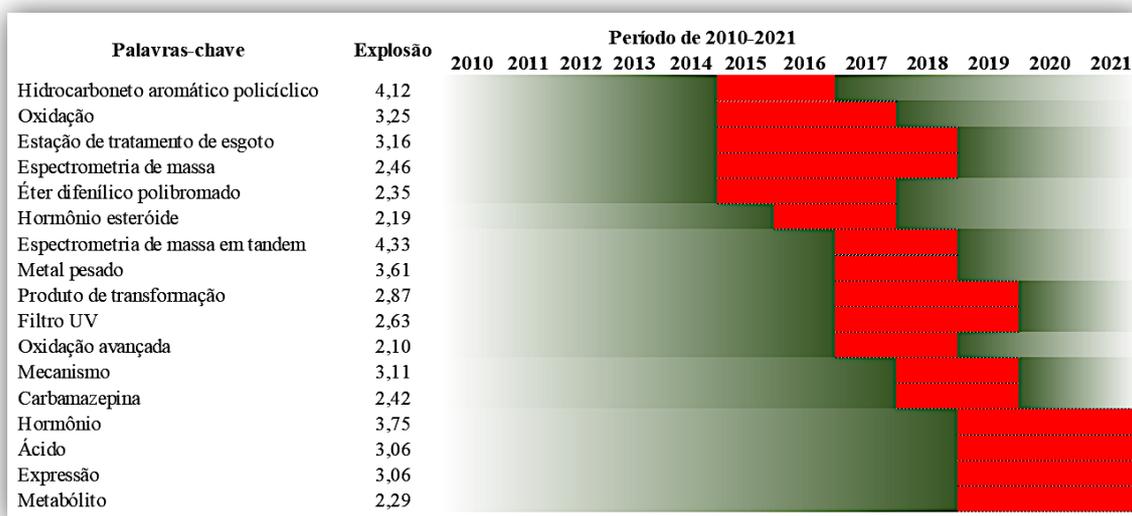
Fonte: Autores com o auxílio do software *Citespace* (2022).



Os 5 periódicos mais produtivos, com mais de 500 citações, são: *Environmental Science & Technology* (942), *Chemosphere* (933); *Science of the Total Environment* (876); *Water Research* (779) e *Environmental Pollution* (554). De acordo com *Journal Impact IF*, estes periódicos são de alto impacto na sociedade. No ano de 2020, estes periódicos foram avaliados com os seguintes fatores de impacto: *Environmental Science & Technology*: 9,028; *Chemosphere*: 7,086; *Science of the Total Environment*: 7,963; *Water Research*: 11,236 e *Environmental Pollution*, 8,04.

Os temas emergentes da pesquisa científica podem ser identificados por meio da análise da frequência e centralidade das palavras-chave usadas nas publicações de periódicos. As palavras-chave mais frequentes no período de 2010 a 2021 foram: hidrocarboneto aromático policíclico (*polycyclic aromatic hydrocarbon*), oxidação (*oxidation*), estação de tratamento de esgoto (*sewage treatment plant*), espectrometria de massa (*mass spectrometry*), éter difenílico polibromado (*polybrominated diphenyl ether*), hormônio esteróide (*steroid hormone*), espectrometria de massa em tandem (*tandem mass spectrometry*), metal pesado (*heavy metal*), produto de transformação (*transformation product*), filtro UV (*UV filter*), oxidação avançada (*advanced oxidation*), mecanismo (*mechanism*), carbamazepina (*carbamazepine*), hormônio (*hormone*), ácido (*acid*), expressão (*expression*), metabólito (*metabolite*). As palavras-chave “hormônio”, “ácido”, “expressão” e “metabólito, seriam potencialmente citadas com frequência nos próximos anos, o que representa as tendências emergentes (Figura 5). As barras vermelhas demonstraram que a palavra-chave foi citada com frequência, as barras verdes indicam que a palavra-chave foi citada com pouca frequência.

Figura 5. Visualização do histórico das explosões de palavras-chave em publicações sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes, no período de 2010 a 2021.



Fonte: Autores com o auxílio do *software Citespace* (2022).

Considerando apenas artigos, as 12 referências mais citadas no período de 2010 a 2021 estão relacionadas na Tabela 1. Os estudos foram focados principalmente determinar a presença de compostos desreguladores endócrinos em água potável, efluentes, rios, solo, animais e plantas aquáticas; desenvolvimento de métodos para detecção e quantificação dos desreguladores endócrinos em várias matrizes, propostas de tecnologias eficientes e de baixo custo para



remoção/ tratamento para minimizar efeitos nocivos ao homem e meio ambiente. A referência mais citada, o autor investigou 14 produtos farmacêuticos, 6 hormônios, 2 antibióticos, 3 produtos de higiene pessoal e 1 retardante de chama em águas superficiais e efluentes de estações de tratamento de águas residuais na Coreia do Sul (Kim, Cho, Vanderford, & Snyder, 2007). No segundo artigo mais citado, os autores investigaram 55 produtos farmacêuticos, de cuidados pessoais, compostos desreguladores endócrinos e drogas ilícitas em duas estações de tratamento de águas residuais contrastantes, utilizando duas tecnologias diferentes de tratamento de águas residuais: lodo ativado e leitos de filtro de gotejamento (Kasprzyk-Hordern, Dinsdale, & Guwy, 2009). Diversos autores investigaram a presença de compostos desreguladores endócrinos em água potável, rios, efluentes, e água de torneira (Kasprzyk-Hordern, Dinsdale, & Guwy, 2008, Ruhi *et al.*, 2016, Benotti, Trenholm, Vanderford, Holady, Stanford, & Snyder, 2009; Kosma, Lambropoulou, & Albanis, 2014; Baker & Kasprzyk-Hordern, 2013). Entre os artigos mais citados, alguns autores, utilizando equipamentos de maior complexidade, propuseram métodos para detecção e quantificação de compostos desreguladores endócrinos (Huerta, Jakimska, Gros, Rodrigues-Mozaz, & Barcelo, 2013; Gorga, Petrovic, & Barceló, 2013; Castiglioni, Bagnati, Fanelli, Pomati, Calamari, & Zuccato, 2006). Métodos para remoção de compostos desreguladores endócrinos foi investigado, e foi proposto o uso de membranas, carvão ativado e outras tecnologias (Radjenovic, Petrovic, & Barcelo, 2009; Kasprzyk-Hordern *et al.*, 2009).

Tabela 1. Referências com maior explosão e citações sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes.

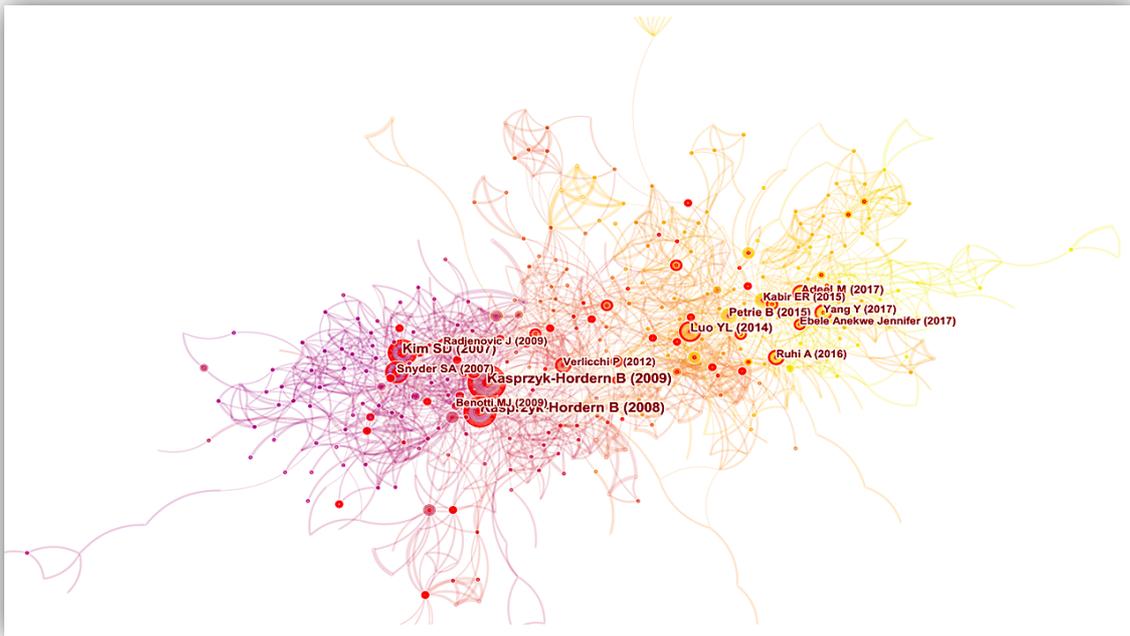
Título	Autores	Explosão	Citações
<i>Occurrence and removal of pharmaceuticals and endocrine disruptors in South Korean surface, drinking, and waste waters.</i>	Kim, <i>et al.</i> 2007	15,6	945
<i>The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters.</i>	Kasprzyk-Hordern, <i>et al.</i> 2009	13,43	975
<i>The occurrence of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs in surface water in South Wales, UK.</i>	Kasprzyk-Hordern, <i>et al.</i> 2008	12,78	757
<i>Fate and distribution of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge of the conventional activated sludge (CAS) and advanced membrane bioreactor (MBR) treatment</i>	Radjenović, <i>et al.</i> 2009	6,06	757
<i>Bioaccumulation and trophic magnification of pharmaceuticals and endocrine disruptors in a Mediterranean river food web.</i>	Ruhi, <i>et al.</i> 2016	4,99	77
<i>Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in U.S. drinking water.</i>	Benotti, <i>et al.</i> 2009	4,73	1142
<i>Removal of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Italy.</i>	Castiglioni, <i>et al.</i> 2006	4,40	590
<i>Seasonal variation in the occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products in different biological wastewater treatment processes.</i>	Sui, <i>et al.</i> 2011	4,38	247
<i>Analysis of multi-class pharmaceuticals in fish tissues by ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry.</i>	Huerta, <i>et al.</i> 2013	4,25	110
<i>Multi-residue analytical method for the determination of endocrine disruptors and related compounds in river and waste water using dual column liquid chromatography switching system coupled to mass spectrometry.</i>	Gorga, <i>et al.</i> 2013	3,83	90
<i>Investigation of PPCPs in wastewater treatment plants in Greece: occurrence, removal and environmental risk assessment.</i>	Kosma, <i>et al.</i> 2014	3,83	319
<i>Spatial and temporal occurrence of pharmaceuticals and illicit drugs in the aqueous environment and during wastewater treatment: new developments.</i>	Baker e Kasprzyk-Hordern, 2013	3,83	224

Fonte: Autores com o auxílio do *software Citespace* (2022).



Uma rede das referências mais citadas pode ser visualizada na Figura 6. O mapa de rede das referências citadas compreendeu 679 nós e 2529 links. No período de 2010 a 2021, os autores que registram maior explosão foram: Liao CY (força de 10,83), Yang Y (força de 9,92), Adeel M (força de 8,56), Luo YL (força de 8,29) e Wang Y (força de 7,66). Importante ressaltar que os trabalhos destes autores tiveram um impacto marcante na pesquisa e no desenvolvimento de soluções na área de compostos desreguladores endócrinos em água. Entre os 25 autores com registro de explosões, 15 autores estão no período de 2019-2021.

Figura 6. Rede de referências sobre compostos desreguladores endócrinos em água e efluentes no período de 2010 a 2021.



Fonte: Autores com o auxílio do *software Citespace* (2022).

A presença de compostos desreguladores endócrinos em sistemas aquáticos é um problema ambiental grave com grande impacto aos organismos vivos. A ocorrência, destino e potencial toxicidade desses compostos tem despertado o interesse da comunidade científica para buscar soluções, orientar políticas públicas e mitigar os efeitos danosos destes compostos químicos.

4. CONCLUSÃO

A análise bibliométrica dos documentos publicados no tema compostos desreguladores endócrinos no período de 2010 a 2021 foram apresentados neste artigo. Utilizando o *software Citespace*, este artigo analisou algumas características básicas dos documentos recuperados em termos de publicações anuais, países, artigos de maior impacto. Foram analisados, na visão da linha do tempo, os 10 artigos de maior impacto na área de EDCs.

Os principais países com maior frequência de publicação sobre compostos desreguladores endócrinos em água foram China, Estados Unidos, Espanha, Brasil, França, Itália e Alemanha. O Brasil se apresenta entre os países de maior publicação ocupando a quarta posição com 41% de suas publicações quando comparado com a China. As instituições



brasileiras que tiveram a maior frequência de publicações representam 35% de contribuições quando comparados com outras universidades internacionais.

Apenas os documentos recuperados da base de dados da *Web of Science* (WOS) foram utilizados para realizar a análise bibliométrica, o que pode fazer com que os documentos coletados não sejam abrangentes. Na pesquisa futura, devemos nos dedicar à pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas para detectar a presença e processos de tratamento eficaz de compostos desreguladores endócrinos na água natural. Além disso, investigar outros métodos bibliométricos para as publicações existentes usando mais conjuntos de dados. Concluímos que a complexidade e os desafios para determinação e o tratamento de compostos desreguladores endócrinos podem ser uma oportunidade para desenvolvimento de novas tecnologias para controle e remoção destes poluentes.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 313272/2019-0/DT; 405956/2021-5), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) (TO 164/2022; 313/2022) pelo apoio. Os autores agradecem a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pela bolsa de Iniciação Científica.

6. REFERÊNCIAS

- Baker, D. R., & Kasprzyk-Hordern, B. (2013). Spatial and temporal occurrence of pharmaceuticals and illicit drugs in the aqueous environment and during wastewater treatment: new developments. *The Science of the total environment*, 454-455, 442-456. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.043>
- Benotti, M. J., Trenholm, R. A., Vanderford, B. J., Holady, J. C., Stanford, B. D., & Snyder, S. A. (2009). Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in U.S. drinking water. *Environmental science & technology*, 43(3), 597-603. <https://doi.org/10.1021/es801845a>
- Benvenga, S., Elia, G., Ragusa, F., Paparo, S. R., Sturniolo, M. M., Ferrari, S. M., Antonelli, A., & Fallahi, P. (2020). Endocrine disruptors and thyroid autoimmunity. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 34(1), 101377. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2020.101377>
- Brasil. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. *Diário Oficial da União* N.º 92 Página 89, Brasília, 2011a.
- Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*. Edição 85 Seção 1 Página 127. Brasília, 2011b.
- Browne, P., Noyes, P. D., Casey, W. M., & Dix, D. J. (2017). Application of Adverse Outcome Pathways to U.S. EPA's Endocrine Disruptor Screening Program. *Environmental health perspectives*, 125(9), 096001. <https://doi.org/10.1289/EHP1304>
- Castiglioni, S., Bagnati, R., Fanelli, R., Pomati, F., Calamari, D., & Zuccato, E. (2006). Removal of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Italy. *Environmental science & technology*, 40(1), 357-363. <https://doi.org/10.1021/es050991m>



- Castillo, M. & Barceló, D. (1997). Analysis of industrial effluents to determine endocrine-disrupting chemicals, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 16(10), 574-583, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(97\)00090-3](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(97)00090-3)
- Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(3), 359-377. <https://doi.org/10.1002/asi.20317>
- EPA (1997). Special Report on Environmental Endocrine Disruption: An Effects Assessment and Analysis, U.S. *Environmental Protection Agency*, Report No. EPA/630/R-96/012, Washington, DC., 111p.
- Fu, H. Z., Wang, M. H., & Ho, Y. S. (2013). Mapping of drinking water research: a bibliometric analysis of research output during 1992-2011. *The Science of the total environment*, 443, 757-765. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.061>
- Gonsioroski, A., Mourikes, V. E., & Flaws, J. A. (2020). Endocrine Disruptors in Water and Their Effects on the Reproductive System. *International journal of molecular sciences*, 21(6), 1929. <https://doi.org/10.3390/ijms21061929>
- Gorga, M., Petrovic, M., & Barceló, D. (2013). Multi-residue analytical method for the determination of endocrine disruptors and related compounds in river and waste water using dual column liquid chromatography switching system coupled to mass spectrometry. *Journal of chromatography. A*, 1295, 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.04.028>
- Huerta, B., Jakimska, A., Gros, M., Rodríguez-Mozaz, S., & Barceló, D. (2013). Analysis of multi-class pharmaceuticals in fish tissues by ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of chromatography. A*, 1288, 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.03.001>
- Jardim, W. F., Montagner, C. C., Pescara, I. C., Umbuzeiro, G. A., Bergamasco, A. M. D., Eldridge, M. L. & Sodré, F. F. (2012). An integrated approach to evaluate emerging contaminants in drinking water. *Separation and Purification Technology*, 84, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.06.020>
- Kabir, E. R., Rahman, M. S., & Rahman, I. (2015). A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environmental toxicology and pharmacology*, 40(1), 241-258. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.06.009>
- Kasprzyk-Hordern, B., Dinsdale, R. M., & Guwy, A. J. (2008). The occurrence of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs in surface water in South Wales, UK. *Water research*, 42(13), 3498-3518. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.04.026>
- Kasprzyk-Hordern, B., Dinsdale, R. M., & Guwy, A. J. (2009). The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. *Water research*, 43(2), 363-380. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.047>
- Kavlock, R. J., Daston, G. P., DeRosa, C., Fenner-Crisp, P., Gray, L. E., Kaattari, S., Lucier, G., Luster, M., Mac, M. J., Maczka, C., Miller, R., Moore, J., Rolland, R., Scott, G., Sheehan, D. M., Sinks, T., & Tilson, H. A. (1996). Research needs for the risk assessment of health and environmental effects of endocrine disruptors: a report of the U.S. EPA-sponsored workshop. *Environmental health perspectives*, 104 Suppl 4(Suppl 4), 715-740. <https://doi.org/10.1289/ehp.96104s4715>



- Kim, S. D., Cho, J., Kim, I. S., Vanderford, B. J., & Snyder, S. A. (2007). Occurrence and removal of pharmaceuticals and endocrine disruptors in South Korean surface, drinking, and waste waters. *Water research*, 41(5), 1013-1021. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.034>
- Kosma, C. I., Lambropoulou, D. A., & Albanis, T. A. (2014). Investigation of PPCPs in wastewater treatment plants in Greece: occurrence, removal and environmental risk assessment. *The Science of the total environment*, 466-467, 421-438. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.044>
- Lima, D. R. S., Tonucci, M. C., Libânio, M. & Aquino, S. F., (2017) Fármacos e compostos desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 22(06), 1043-1054. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017165207>
- Lu, J., Zhang, C., Wu, J., Zhang, Y., & Lin, Y. (2020). Seasonal distribution, risks, and sources of endocrine disrupting chemicals in coastal waters: Will these emerging contaminants pose potential risks in marine environment at continental-scale? *Chemosphere*, 247, 125907. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125907>
- Margina, D., Nițulescu, G. M., Ungurianu, A., Mesnage, R., Goumenou, M., Sarigiannis, D. A., Aschner, M., Spandidos, D. A., Renieri, E. A., Hernández, A. F., & Tsatsakis, A. (2019). Overview of the effects of chemical mixtures with endocrine disrupting activity in the context of real-life risk simulation: An integrative approach (Review). *World Academy of Sciences journal*, 1(4), 157-164. <https://doi.org/10.3892/wasj.2019.17>
- Montagner, C. C. & Jardim, W. F. (2011). Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River, São Paulo State (Brazil). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22(8), 1452-1462. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532011000800008>
- Moreira, D. S., Aquino, S. F., Afonso, R. J., Santos, E. P., & de Pádua, V. L. (2009). Occurrence of endocrine disrupting compounds in water sources of Belo Horizonte Metropolitan Area, Brazil. *Environmental technology*, 30(10), 1041-1049. <https://doi.org/10.1080/09593330903052830>
- Olea, N., Pazos, P., & Exposito, J. (1998). Inadvertent exposure to xenoestrogens. *European journal of cancer prevention: the official journal of the European Cancer Prevention Organisation (ECP)*, 7 Suppl 1, S17-S23. <https://doi.org/10.1097/00008469-199802001-00005>
- Ponnuchamy, M., Kapoor, A., Senthil Kumar, P., Vo, D. N., Balakrishnan, A., Jacob, M. M., & Sivaraman, P. (2021). Sustainable adsorbents for the removal of pesticides from water: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 19, 2425-2463. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01183-1>
- Radjenović, J., Petrović, M., & Barceló, D. (2009). Fate and distribution of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge of the conventional activated sludge (CAS) and advanced membrane bioreactor (MBR) treatment. *Water research*, 43(3), 831-841. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.11.043>
- Ruhi, A., Acuña, V., Barceló, D., Huerta, B., Mor, J. R., Rodríguez-Mozaz, S., & Sabater, S. (2016). Bioaccumulation and trophic magnification of pharmaceuticals and endocrine disruptors in a Mediterranean river food web. *The Science of the total environment*, 540, 250-259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.009>



Rathi, B. S., Kumar, P. S., & Show, P. L. (2021). A review on effective removal of emerging contaminants from aquatic systems: Current trends and scope for further research. *Journal of hazardous materials*, 409, 124413. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124413>

Russo, G., Laneri, S., Di Lorenzo, R., Ferrara, L., & Grumetto, L. (2021). The occurrence of selected endocrine-disrupting chemicals in water and sediments from an urban lagoon in Southern Italy. *Water environment research: a research publication of the Water Environment Federation*, 93(10), 1944-1958. <https://doi.org/10.1002/wer.1566>

Stahlschmidt-Allner, P., Allner, B., Römbke, J., & Knacker, T. (1997). Endocrine disrupters in the aquatic environment. *Environmental science and pollution research international*, 4(3), 155–162. <https://doi.org/10.1007/BF02986325>

Sui, Q., Huang, J., Deng, S., Chen, W., & Yu, G. (2011). Seasonal variation in the occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products in different biological wastewater treatment processes. *Environmental science & technology*, 45(8), 3341-3348. <https://doi.org/10.1021/es200248d>

Vieira, W. T., Farias, M. B., Spaolonzi, M. P., Silva, M. G. C. & Vieira, M. G. A., (2021). Endocrine-disrupting compounds: Occurrence, detection methods, effects and promising treatment pathways—A critical review, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 104558. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104558>

vom Saal, F. S., Cooke, P. S., Buchanan, D. L., Palanza, P., Thayer, K. A., Nagel, S. C., Parmigiani, S., & Welshons, W. V. (1998). A physiologically based approach to the study of bisphenol A and other estrogenic chemicals on the size of reproductive organs, daily sperm production, and behavior. *Toxicology and industrial health*, 14(1-2), 239-260. <https://doi.org/10.1177/074823379801400115>

Wu J. (2020). Challenges for Safe and Healthy Drinking Water in China. *Current environmental health reports*, 7(3), 292-302. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00274-5>

