



16º Congresso Nacional de Iniciação Científica

TÍTULO: MICROPOLUENTES ORGÂNICOS EM ÁGUAS: A PROBLEMÁTICA DOS DESREGULADORES ENDÓCRINOS

CATEGORIA: CONCLUÍDO

ÁREA: ENGENHARIAS E ARQUITETURA

SUBÁREA: ENGENHARIAS

INSTITUIÇÃO: CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS FACULDADES METROPOLITANAS UNIDAS

AUTOR(ES): VICTOR MERCURIO RODRIGUEZ LOPEZ

ORIENTADOR(ES): FERNANDA CRISTINA STORTE SANTOS

Realização:

SEMESP

sindicato das mantenedoras de ensino superior



Apoio:

**ENIAC**
Educação Básica e Superior

1. Resumo

Desreguladores endócrinos (DE) são compostos capazes de causar alguma interferência no sistema endócrino de animais e humanos, e podem estar presentes nos esgotos sanitários, em águas naturais e na água potável de abastecimento público. Neste contexto, objetivou-se traçar um panorama geral dos DE, descrevendo os seus efeitos na biota aquática e em humanos, e o seu caminho percorrido no ambiente até ser ingerido por estes seres vivos. Espera-se, portanto, com este estudo, a partir da utilização de dados secundários de pesquisa, proveniente de um levantamento e análise da literatura científica nacional e internacional, contribuir com este tipo de análise e elucidação de conhecimento e informações, sobretudo no que se refere ao lançamento de DE em águas. Conclui-se que um dos principais fatores responsável pela presença destes compostos em águas naturais e, possivelmente, até na água potável se deve ao fato de as tecnologias atualmente empregadas nas estações de tratamento de esgotos e de águas (ETE e ETA, respectivamente) não os removerem por completo. Conclui-se ainda que a presença de micropoluentes orgânicos em águas podem causar efeitos negativos ou deletérios à biota aquática e às pessoas expostas a esses compostos.

2. Introdução

Atualmente, um dos tópicos mais relevantes na área ambiental é a qualidade das águas. Neste contexto, pesquisas científicas nacionais e internacionais têm se preocupado em estudar a problemática associada aos micropoluentes orgânicos em água, os quais, em sua maioria, são desreguladores endócrinos (DE) —compostos capazes de causar alguma interferência no sistema endócrino de animais e humanos—, podendo estar presentes nas águas residuárias (esgotos sanitários), superficiais (rios, mananciais) e na água de abastecimento público (potável). Também podem ser encontrados no lodo de estações de tratamento de esgotos (ETE) e de águas (ETA), nos sedimentos de rios e mananciais, no solo, nos alimentos e até no ar. Estes compostos, também conhecidos como contaminantes emergentes, normalmente estão presentes nas matrizes ambientais em concentrações-traço, que variam da ordem de $\mu\text{g/L}$ (micrograma por litro ou 10^{-6} g/L) até ng/L (nanograma por litro ou 10^{-9} g/L) (CASTILHO *et al.*, 2004; BILA & DEZOTTI, 2007; GUIMARÃES & DUARTE, 2007; VERBINNEN *et al.*, 2010).

Muitas pesquisas têm se preocupado em estudar os problemas de saúde pública e ambiental que envolvem a presença de DE, como micropoluentes orgânicos, nas águas. O presente estudo, a partir de uma sistematização dessas informações, traçando um panorama geral associado a esses contaminantes emergentes, com um possível foco na problemática brasileira nesse aspecto, é importante por trazer e elucidar um conhecimento sobre uma questão, ainda não esclarecida por completo, que pode afetar todos sem distinção.

Espera-se, portanto, com este trabalho, contribuir, sobretudo, no que se refere ao lançamento inapropriado de DE em águas superficiais, as quais podem, inclusive, ser utilizadas, a jusante, para captação para tratamento em ETA e abastecimento público.

3. Objetivos

O presente estudo visou traçar um panorama geral dos micropoluentes orgânicos, mais especificamente dos DE, descrevendo os seus consequentes efeitos negativos sistêmicos causados em animais (sobretudo a biota aquática) e humanos, a partir da ingestão de DE, e o caminho percorrido por estes micropoluentes no ambiente natural, até a sua ingestão por animais e humanos.

4. Metodologia

O método de pesquisa empregado neste estudo consistiu, basicamente, em um levantamento e análise da literatura científica nacional e internacional, pertinente ao tema aqui proposto. Pretendeu-se buscar informações, dados, conceitos teóricos e eventuais pesquisas práticas/experimentais, a fim de embasar, elucidar e corroborar o presente trabalho. Portanto, foram utilizados dados secundários de pesquisa.

Esse material de cunho acadêmico-científico foi buscado e coletado em fontes oficiais de publicações científicas, como: artigos em revistas/periódicos científicos, publicações apresentadas em eventos científicos, entre outras fontes.

5. Desenvolvimento do estudo

5.1 Micropoluentes orgânicos em águas: desreguladores endócrinos (DE) e problemática envolvida

Micropoluentes orgânicos são substâncias que podem estar presentes nas mais diversas matrizes ambientais (águas —subterrânea, superficial, potável, residuárias—, solo, ar) em concentrações-traço, isto é, da ordem de $\mu\text{g/L}$ (ppb ou partes por bilhão) e ng/L (ppt ou partes por trilhão), podendo, em alguns casos, também ser encontrados em concentrações maiores, da ordem de mg/L (ppm ou partes por milhão), ou mesmo em concentrações extremamente baixas, da ordem de pg/L (picograma por litro ou 10^{-12} g/L) (CASTILHO *et al.*, 2004; BILA & DEZOTTI, 2007; GUIMARÃES & DUARTE, 2007; LOPES *et al.*, 2010; VERBINNEN *et al.*, 2010).

Micropoluentes orgânicos são, na prática, uma classe relativamente nova de compostos, em sua maioria também conhecidos como contaminantes emergentes, sendo capazes de causar alguma desregulação ou interferência no sistema endócrino de pessoas e animais (LOPES *et al.*, 2008; LOPES *et al.*, 2010; BURKHARDT-HOLM, 2011).

BILA & DEZOTTI (2007) citam que a origem da preocupação pelos DE data da década de 1940, quando um importante acontecimento associado ao aparecimento de câncer no sistema reprodutivo de filhas de mulheres que usavam DES (dietilestilbestrol) na gravidez, com a finalidade de evitar abortos e assegurar o crescimento do feto, passou a ser investigado.

Os mesmos autores (BILA & DEZOTTI, 2007), relatam, ainda, outro caso também bastante importante e difundido mundialmente, com relação ao uso do DDT (diclorodifeniltricloroetano), um pesticida muito poderoso utilizado amplamente pelo mundo nas décadas de 1950 e 60, mas que hoje já se encontra banido em quase todo o mundo. A ação do DDT é persistente no ambiente e pode afetar, principalmente, o sistema reprodutivo de aves e mamíferos, como é possível citar o caso de jacarés com anomalias no sistema reprodutivo, os quais habitavam vários lagos, da região do estado da Flórida (EUA), contaminados com DDT, durante esse período.

A fonte de contato de DE por humanos e animais ocorre, principalmente, por via oral, mas também pode acontecer por via aérea, em especial para compostos orgânicos sintéticos mais voláteis. Há casos também em que o contato se dá através

da pele, como de alguns compostos presentes em plásticos, por exemplo, que podem ser absorvidos pelo nosso organismo apenas pelo contato direto com a pele; ou há ainda a possibilidade de contato com solo contaminado. Ressalta-se que, normalmente, o solo contaminado leva à contaminação da água subterrânea e superficial que infiltra neste solo. Por via oral, o mais comum é pela ingestão de alimentos e água contaminados com esses micropoluentes. Pelos animais, sobretudo a biota aquática, diretamente em contato com a água no meio aquático (um dos destinos mais prováveis desses compostos) é mais comum a ingestão por via oral (RISSATO *et al.*, 2004; BILA & DEZOTTI, 2007; BURKHARDT-HOLM, 2011). O hábito do consumo de animais, como de peixes (que podem viver em ambientes aquáticos contaminados com DE), poderia, ao menos hipoteticamente, também levar a uma maior ingestão desses compostos pelas pessoas.

Após a ingestão de DE, os efeitos negativos mais prováveis estão associados à desregulação do sistema endócrino/hormonal humano. Muitas dessas substâncias podem alterar a síntese natural de hormônios no organismo, ligando-se indevidamente, por exemplo, com sítios receptores de hormônios, onde passam a “assumir” a função de outros hormônios, atuando como anti-hormônios, podendo inibir, reduzir ou intensificar a síntese de hormônios naturais no organismo, alterando também a sua secreção, transporte, ação ou eliminação, provocando efeitos bioacumulativos. Mas não somente no sistema endócrino, pois ao modificar a síntese de hormônios, esses DE podem atingir a corrente sanguínea e causar efeitos sistêmicos (GUIMARÃES, 2005; REIS FILHO *et al.*, 2006; FONTENELE *et al.*, 2010).

Em animais, as principais anomalias se referem ao sistema reprodutivo destes. Os maiores efeitos negativos ou deletérios são normalmente associados aos peixes, que, por viverem no ambiente aquático (destino final de muitas substâncias), podem estar em contato direto e praticamente permanente com vários DE. Nos peixes esses compostos induzem a produção de vitelogenina (VTG) no plasma sanguíneo destes animais, porém esta proteína é sintetizada somente pelas fêmeas adultas, de modo que a indução da síntese de VTG por peixes jovens ou machos (ou mesmo fêmeas) pode levar a alterações em seu sistema reprodutivo, como a feminização de peixes machos, ou hermafroditismo, e consequentes quedas na reprodução, podendo, em casos extremos, levar à extinção de determinada espécie. Além disso, outros efeitos negativos em animais expostos a esses DE também podem ocorrer, como redução da fertilidade, anomalias morfológicas (em gônadas,

por exemplo), alta mortalidade de descendentes, concentrações anormais de hormônios sexuais no plasma, redução da concentração de testosterona, modificações na produção de ovos (especialmente para répteis), esterilização e morte (REIS FILHO *et al.*, 2006; REIS FILHO *et al.*, 2007; BURKHARDT-HOLM, 2011).

Na saúde humana, os principais efeitos negativos da exposição a compostos DE podem estar associados com alterações, de forma geral, no sistema endócrino e no sistema reprodutivo, como redução da quantidade de espermatozoides, deformações em órgãos reprodutivos, redução da fertilidade, endometriose, ovários policísticos, alterações no ciclo menstrual, incidência de câncer de mama, vaginal, testicular e de próstata, infertilidade, alterações hormonais na tireoide, e outros (GUIMARÃES, 2005; BILA & DEZOTTI, 2007; FONTENELE *et al.*, 2010).

É importante ressaltar que os efeitos desses compostos na saúde humana e animal, normalmente, podem ser mais prejudiciais e até irreversíveis em estágios prematuros da vida, como na fase fetal e no desenvolvimento jovem, quando os sistemas endócrinos, reprodutivo, imunológico e nervoso, por exemplo, estão em formação e desenvolvimento. Portanto, os fetos humanos e animais, as crianças e os animais em idade jovem são, normalmente, os mais vulneráveis a este tipo de exposição, mesmo em concentrações bem baixas, as quais nem sempre poderiam causar o mesmo efeito negativo ou a mesma anomalia em um humano adulto ou animal adulto (BILA & DEZOTTI, 2007; BURKHARDT-HOLM, 2011).

Neste contexto, estudos têm demonstrado que muitos DE com atividade estrogênica, além de estar presentes nas águas residuárias (esgotos), superficiais (rios, mananciais) e de abastecimento público (potável), podem também ser encontrados nos lodos de estações de tratamento de esgotos (ETE) e de estações de tratamento de águas (ETA), e nos sedimentos de rios e de mananciais na ordem de $\mu\text{g/L}$ até ng/L ou ppb até ppt (CASTILHO *et al.*, 2004; BILA & DEZOTTI, 2007; GUIMARÃES & DUARTE, 2007; VERBINNEN *et al.*, 2010; BURKHARDT-HOLM, 2011).

6. Resultados

A proteção à saúde pública tem sido historicamente uma das principais forças que impulsiona a construção de estações de tratamento de águas residuárias municipais; no entanto, os tratamentos convencionais de água e esgoto sanitário

demonstraram não eliminar totalmente esses micropoluentes orgânicos dos esgotos e das águas (KIM *et al.*, 2007; KOH *et al.*, 2008; VERBINNEN *et al.*, 2010).

Dentro da categoria de micropoluentes orgânicos classificados como DE, há os estrogênios ambientais (EA), que são hormônios estrógenos (femininos), como os naturais estrona (E1), 17 β -estradiol (E2) e estriol (E3), e o sintético 17 α -etinilestradiol (EE2), como apresentado na tabela 1. Estes hormônios naturais, no caso dos humanos, são sintetizados no fígado, a partir do colesterol, e excretados tanto pelo homem como pela mulher, embora em maior quantidade por esta, sendo normalmente eliminados pela urina, assim como os hormônios sintéticos ingeridos, de modo que são diluídos nos efluentes sanitários que chegam às ETE ou que são despejados diretamente nos corpos hídricos, como nos rios e mananciais (figura 1), sem receber qualquer tipo de tratamento apropriado (BILA & DEZOTTI, 2007; LOPES *et al.*, 2010; VERBINNEN *et al.*, 2010).

Tabela 1. Excreção diária média (*per capita*) de estrogênios por humanos (μg). Fonte: modificado e adaptado de BILA & DEZOTTI (2007).

Categoria	Estrona	17β-estradiol	Estriol	17α-etinilestradiol
Homens	3,9	1,6	1,5	-
Mulheres	-	-	-	35
Mulheres menstruando	8	3,5	4,8	-
Mulheres na menopausa	4	2,3	1	-
Mulheres grávidas	600	259	6.000	-

Nesse sentido, estudos que possam avaliar e compreender os mecanismos envolvidos na remoção de DE nas ETE, bem como nas ETA, podem proporcionar novas estratégias de remoção para minimizar o lançamento destes compostos nos corpos hídricos, cujas águas também são utilizadas para captação e tratamento para consumo humano. Ressalta-se que essas substâncias vêm sendo identificadas e monitoradas em vários países, mas não há, até o momento, um monitoramento

efetivo nas estações de tratamento de efluentes municipais e de águas da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e nem do Brasil como um todo (BILA & DEZOTTI, 2007).

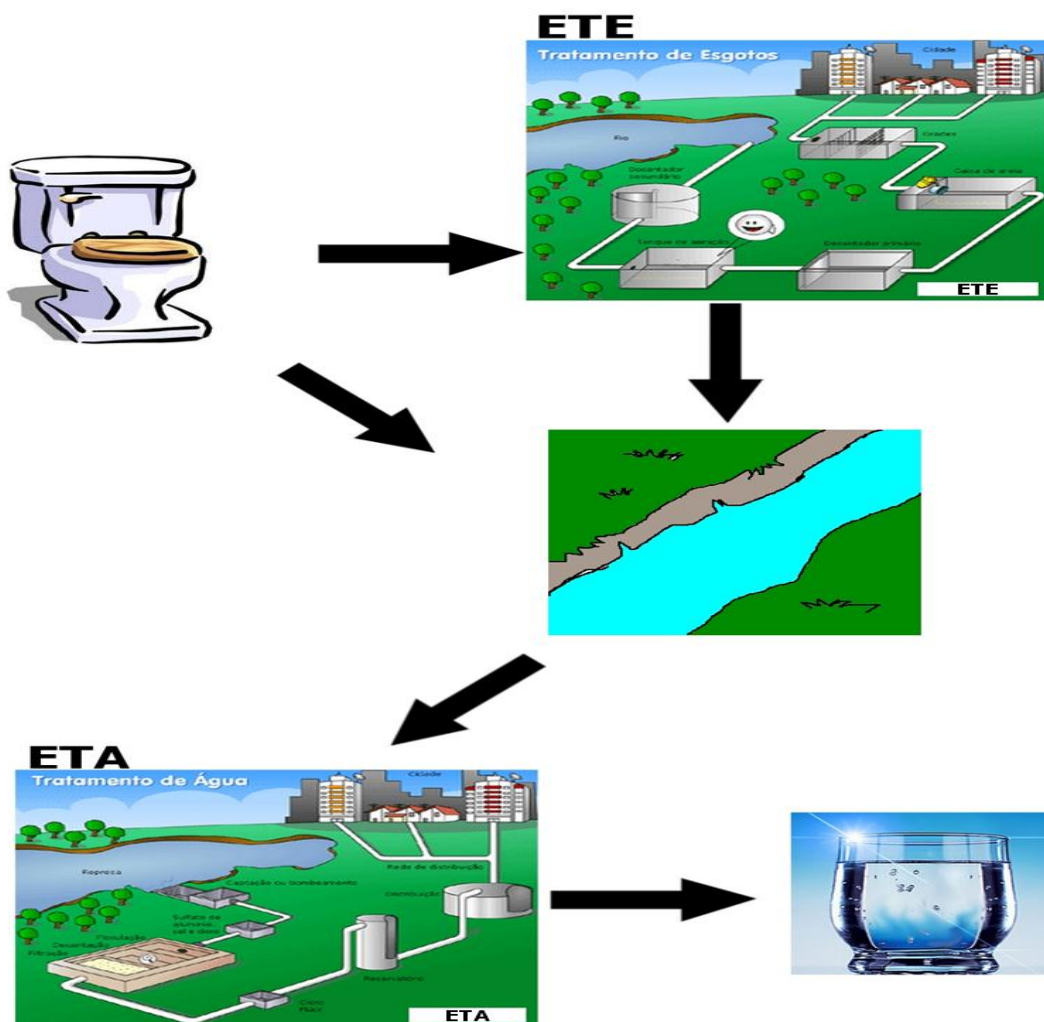


Figura 1. Esquema simplificado do caminho percorrido por estrogênios em águas. Fonte: modificado de SABESP (sem data (a)) e SABESP (sem data (b)).

7. Considerações finais

Hormônios sexuais femininos (esteroides), considerados como DE, isto é, compostos capazes de causar alguma interferência no sistema endócrino de humanos e de animais, mesmo em concentrações-traço, da ordem de ng/L, também conhecidos como EA, podem estar presentes nas águas (residuárias, naturais e potável). Um dos principais fatores responsável pela presença destes compostos em

águas naturais e, possivelmente, até na água potável se deve ao fato de as tecnologias atualmente empregadas nas ETE e ETA não os removerem por completo.

Assim, a partir do que foi exposto, conclui-se que a presença de micropoluentes orgânicos em águas podem causar efeitos negativos ou deletérios à biota aquática e às pessoas expostas a esses compostos. Nesse sentido, é importante identificar e quantificar a presença desses compostos em bacias hidrográficas urbanas, como na RMSP, e, sobretudo, avaliar processos e tecnologias que possam ser empregados na remoção de DE em águas.

8. Fontes consultadas

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. *Quim. Nova*, v. 30, n. 3, 2007.

BURKHARDT-HOLM, P. How hormonally active substances in our environment affect humans and wildlife – What do we know and what can be done?. *On the Water Front*, 2011.

CASTILHO, E. G. *et al.* O perigo dos disruptores endócrinos no ambiente. *Saneas*, 2004.

FONTENELE, E. G. P. *et al.* Contaminantes ambientais e os interferentes endócrinos. *Arq Bras Endocrinol Metab.*, v. 54, n. 1, 2010.

GUIMARÃES, J. R. P. F. Disruptores endócrinos no meio ambiente: um problema de saúde pública e ocupacional. *ACPO – Associação de Combate aos POPs. Associação de Consciência à Prevenção Ocupacional*, 2005.

GUIMARÃES, T. S.; DUARTE, R. G. Detecção e quantificação dos hormônios sexuais 17 β -estradiol (E2), estriol (E3), estrona (E1) e 17 α -etinilestradiol (EE2) em água de abastecimento: estudo de caso da cidade de São Carlos, com vistas ao saneamento ambiental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2007.

KIM, S. D. *et al.* Occurrence and removal of pharmaceuticals and endocrine disruptors in South Korean surface, drinking, and waste waters. *Water Research*, v. 41, 2007.

KOH, Y. K. K. *et al.* Treatment and removal strategies for estrogens from wastewater. *Environmental Technology*, v. 29, n. 3, 2008.

LOPES, L. G. *et al.* Hormônios estrogênicos no ambiente e eficiência das tecnologias de tratamento para remoção em água e esgoto. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 4, 2008.

LOPES, L. G. *et al.* Estrogênios em águas naturais e tratadas da região de Jaboticabal – São Paulo. *Quim. Nova*, v. 33, n. 3, 2010.

REIS FILHO, R. W. *et al.* Hormônios sexuais estrógenos: contaminantes bioativos. *Quim. Nova*, v. 29, n. 4, 2006.

REIS FILHO, R. W. *et al.* Fármacos, ETEs e corpos hídricos. *Ambi-Água – Revista Ambiente & Água*, v. 2, n. 3, 2007.

RISSATO, S. R. *et al.* Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). *Quim. Nova*, v. 27, n. 5, 2004.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Tratamento de água. [Sem data (a)]. Disponível em:

<<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>>. Acesso em: jul. 2016.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Tratamento de esgotos. [Sem data (b)]. Disponível em:

<<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=49>>. Acesso em: jul. 2016.

VERBINNEN, R. T.; NUNES, G. S.; VIEIRA, E. M. Determinação de hormônios estrógenos em água potável usando CLAE-DAD. *Quim. Nova*, v. 33, n. 9, 2010.