

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Monitoramento da presença de compostos orgânicos emergentes na água do pós tratamento em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE): estado da arte.

Patrícia Hassato¹, Elisabeth Pelosi Teixeira^{1,2}, Silvia Pierre Irazusta^{1,2}

Resumo – Compostos orgânicos emergentes, em inglês *Pharmacetials and Personal Care Products* (PPCP), são medicamentos, produtos de limpeza e de higiene pessoal que poluem o corpo hídrico e o meio ambiente. A retirada desses agentes é realizada em estação de tratamento de esgoto (ETE). Entretanto, a maioria dos PPCPs não são removidos dos efluentes, domésticos ou industriais. Portanto são necessárias outras tecnologias para que o tratamento seja efetivo. A presença de PPCPs em efluentes é monitorada por alterações em seres vivos indicadores, como peixes, mexilhões, algas e *Daphnia*. Estudos devem ser realizados para verificar os efeitos de PPCPs no meio biótico e buscar meios para a remoção integral dos mesmos.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Compostos orgânicos emergentes e Biomonitoramento

Abstract – Pharmacetials and Personal Care Products (PPCP) are medicines, household cleaning products and personal care products that pollute the water and the environment. The withdrawal of these agents is carried out in wastewater treatment plant (WWTP). However, most of PPCPs are not removed from the effluent, domestic or industrial. So are other technologies needed for the treatment to be effective. The presence of PPCPs in effluent is monitored by changes in indicators organisms such as fish, mussels, algae and *Daphnia*. Studies should be conducted to verify the effects of PPCPs in the organisms and seek strategies for the full removal of PPCPs.

¹ Aluna do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, do Centro Paula Souza - patricia.hassato@gmail.com;

² Docente do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, do Centro Paula Souza - elisabeth.pelosi@gmail.com;

² Docente do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, do Centro Paula Souza - silvia.pierre@hotmail.com

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Keywords: Wastewater treatment plant (WWTP), Pharmaceutials and Personal Care Products (PPCP) and Biomonitoring

1. Introdução

Nesse estudo serão abordadas estratégias de tratamento desenvolvidas para a eliminação e monitoramento da presença de compostos orgânicos emergentes, cuja sigla por convenção é PPCP, do inglês, *Pharmaceutials and Personal Care Products* em esgotos industriais e/ou domésticos.

Para esta revisão foram utilizados os descritores relacionados ao tema, WWTP (*Wastewater Treatment Plant*) e PPCP (*Pharmaceutials and Personal Care Products*), no banco de dados, PubMed, no período de 2006 a 2016. A pesquisa resultou em 23 referências publicadas, sendo um descartado, pois se tratava do uso do biosólido para o fortalecimento do solo, 13 abordavam estratégias de tratamento para esses contaminantes, 4 relatavam a identificação e detecção desses componentes nos efluentes e 5 tratavam do monitoramento quanto à presença dos PPCPs. Efluentes podem ser provenientes de hospital, água do rio antes e depois de estações de tratamento de esgoto, água de estuário e do próprio efluente. Para identificar os PPCPs foram utilizadas técnicas analíticas, como a cromatografia líquida e espectroscopia de massa, onde é possível detectar concentrações traço destes compostos. Para o biomonitoramento foram analisados o ciclo de vida de bioindicadores como, peixes, *Dafnia*, algas e mexilhões.

O objetivo deste estudo é reunir um conjunto de informações a fim de fornecer uma ampla visão acerca das tendências em tratamento e monitoramento de efluentes contendo PPCPs, nos últimos anos.

Os compostos orgânicos emergentes englobam os medicamentos para os humanos e animais, cosméticos, produtos de higiene pessoal e de limpeza. São conhecidos como poluentes emergentes ou contaminantes emergentes (OVERTURF et al., 2015; MATAMOROS, GARCÍA, BAYONA; 2007). Outro termo encontrado, porém, mais abrangente é o micro poluente, que além dos PPCPs, incluem os hormônios, substâncias químicas provenientes da indústria, pesticidas e outros componentes (LUO et al., 2014).

A presença desses agentes é uma ameaça em potencial para a saúde humana e do ambiente aquático (MOLDOVAN, CHIRA, ALDER; 2008; DAI et al., 2016). Algumas substâncias estão presentes no mundo todo e, por este motivo, é crescente o número de pesquisas sobre poluentes orgânicos. O maior consumo e a produção dos PPCPs concentram-se na China, que é responsável por cerca de 20% da produção mundial dessas substâncias (DAI et al., 2014).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.**1.1. Tratamentos**

Os tratamentos de efluentes convencionais não são capazes de eliminar os resíduos de PPCPs presentes no esgoto doméstico ou industrial, pois são persistentes e seu despejo é contínuo (LUO et al., 2014). Como estas substâncias podem ser nocivas à saúde é importante tratar os efluentes nas ETEs, de modo a eliminar também estes compostos. Deste modo, apresentam-se diversas tecnologias, como as apresentadas em recente revisão por Luo et al. (2014).

Entre estas técnicas destacam-se a coagulação-floculação (SUÁREZ et al., 2009; ASAKURA E MATSUTO, 2009; THUY et al., 2008; MATAMOROS E SALVADÓ, 2013), que consiste na remoção das partículas sólidas e coloidais, porém é um processo ineficiente na eliminação dos contaminantes, adsorção com carvão ativado (KOVALOVA et al., 2013; GROVER et al., 2011; HERNÁNDEZ-LEAL et al., 2011; YANG et al., 2011), na qual o composto fica retido superficialmente na partícula do carvão, processo de oxidação avançada (POA) (SUI et al., 2010; HERNÁNDEZ-LEAL et al., 2011; GERRITY et al., 2011; DE LA CRUZ et al., 2012), onde utiliza-se agentes oxidantes como o ozônio, ultra filtração (JERMANN et al., 2009), nano filtração (RÖHRICHT et al., 2009; YANGALI-QUINTANILLA et al., 2011) sendo que a ultra filtração e a nano filtração são processos tecnológicos na qual membranas retêm as partículas ou compostos de acordo com o tamanho do poro da membrana e biorreator de membrana (TRINH et al., 2012; BO et al., 2009; CHEN et al., 2008; KOVALOVA et al., 2013; TADKAEW et al., 2011; BEIER et al., 2011) no qual associam o processo de filtração por membranas com o tratamento biológico de lodo ativado.

Os métodos citados anteriormente pertencem ao tratamento terciário na qual tem a função de aumentar a qualidade de água previamente tratada, exceto a coagulação-floculação que compõe o tratamento secundário (LUO et al., 2014). O tratamento primário remove os sólidos suspensos, enquanto o tratamento secundário degrada a matéria orgânica. Apontam-se como fatores diretamente interferentes neste processo de remoção, as propriedades físico-químicas do efluente, as condições de tratamento e a temperatura que afeta a biodegradação e o mecanismo de sorção e volatilização dos micropoluentes (LUO et al., 2014; SUN et al., 2013).

Uma tecnologia recomendada para diminuir a concentração desses contaminantes é o uso de *wetlands*, citado por Moldovan et.al. (2008) e Hijosa-Valsero et al. (2009). Esse método é frequentemente empregado para pequenas comunidades devido ao seu baixo custo e fácil manutenção (HIJOSA-VALSERO et al., 2009). Já Lishman et al. (2006) mostram a redução de PPCPs numa combinação de métodos de tratamento como o lodo ativado convencional (CAS, sigla inglesa para *conventional activated sludge*) seguido por uma filtração.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Outra maneira também eficiente de se reduzir esses produtos é a utilização de bactérias isoladas do lado ativado capazes de degradar essas substâncias, contribuindo para otimizar o tratamento do efluente (ZHOU et al., 2013).

Com a caracterização desses compostos foram analisados tratamentos eficientes na remoção dos PPCP's (Tabela 1).

Tabela 1. Estudos evidenciam a presença dos poluentes emergentes, sua taxa de remoção e o tratamento

Referências	PPCP	Remoção	Tratamento	Autores sobre o tratamento de efluente
Wang et al. (2015)	Cafeína	99%	Processos anaeróbio-anóxico -aeróbio	Buerge et al. (2003); Dai et al. (2015); Harwood (2004); Sui et al. (2010).
	Gemfibrozil	73%		
	Carbamazepina	Não houve remoção		
	Diclofenaco	39%		
Oliveira et al. (2015)	Antidiabéticos, Desinfetante (triclosan), Agentes modificadores de lipídeos e Descongestionante nasal	>97%	*WS2, WS3, WS4	Castiglioni et al. (2006); Gros et al. (2010); Helwig et al. (2013); Luo et al. (2014); Onesios et al. (2009); Santos et al. (2013); USEPA (2010); Verlicchi et al. (2012).
Ryu et al. (2014)	Cafeína, diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e propilparabeno	>90%	Processos anaeróbio-anóxico -aeróbio	Kasprzyk-Hordern et al. (2009); Snyder et al. (2004).
Luo et al. (2013)	Ibuprofeno, diclofenaco, estrogênio, bisfenol A e nonilfenol	>82%	Processos terciários	Kovalova et al. (2013); Grover et al. (2011); Hernández-Leal et al. (2011); Yang et al. (2011), Sui et al. (2010); Gerrity et al. (2011); De La Cruz et al. (2012), Jermann et al. (2009), Röhrich et al. (2009); Yangali-Quintanilla et al. (2011), Trinh et al. (2012); BO et al. (2009); Chen et al. (2008); Kovalova et al. (2013); Tadkaew et al. (2011); Beier et al. (2011).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Sun et al. (2013)	Acetaminofeno e cafeína	99%	Tratamento primário com absorção de partículas e ultravioleta	Behera et al. (2011); Kasprzyk-Hordern (2009); Vieno, Tuhkanen e Kronberg (2005); Yan et al. (2012); Yang et al. (2011).
Wang et al. (2013)	Cafeína e DEET (N-dietil-meta-toluamide)	38%	Processos anaeróbico-aeróbico e ultravioleta	Camacho-Munoz et al. (2010); Gomez et al. (2007); Gulkowska et al. (2008); Jelic et al. (2011); Matin et al. (2012); Santos et al. (2007); Vieno et al. (2007); Yu et al. (2013).
Hijosa-Valsero et al. (2009)	Ibuprofeno, ácido salicílico, cafeína e fragrância (jasmin)	80%-99%	Sistemas combinados com wetlands	Imfeld et al. (2009); Matamoros et al. (2005); Matamoros e Bayona (2006); Matamoros et al. (2009); Stottmeister et al. (2003).
Logonathan et al. (2009)	Urobilin Metanfetamina Azitromicina	99% 54,5% 47%	ETE convencional	Jones-Lepp et al. (2004); Jones-Lepp (2006); Jones-Lepp e Stevens (2007); Logonathan et al. (2007).
Moldovan, Chira e Alder (2008)	Cafeína, pentoxifilina, diclofosfamina, galaxolide,	>75%	ETE convencional – alteração no tempo de detenção hídrico e retenção de sólidos de 2 a 4 dias	Moldovan (2006); Moldovan et al. (2007).
Spongberg e Witter (2008)	Cotinide, diclofenaco, gemfibrozil, cafeína e ácido salicílico	Removido parcialmente	ETE convencional	Brown et al. (2006).
Matamoros, García e Bayona (2007)	Ibuprofeno, naproxen, galaxolide e tonalide	71% - 88%	Wetlands	Huang et al. (2004); Kadlec e Knight (1996); Langergraber et al. (2003); Matamoros et al. (2005); Matamoros e Bayona (2006).
Lishman et al. (2006)	Ibuprofeno e naproxen	93%	CAS e filtro	D. Bennie [200-?].

*WS2 é uma ETE com tratamento secundário com reatores biológico que tem a finalidade de remover nutrientes, seguido do processo de desinfecção com hipoclorito. WS3 é a ETE com tratamento terciário, onde apresenta uma sequência de reatores biológicos para a remoção dos nutrientes e um sistema de desinfecção de ultravioleta. WS4 é a ETE com tratamento secundário com reatores biológico para a remoção de nutrientes, utilizando o processo de lodo ativado.

Fonte: As autoras

Estudos apontam a cafeína e medicamentos como diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno, propilparabeno, acetaminofeno e DEET com as maiores concentrações no efluente e que podem ser degradadas com o tratamento adequado (WANG et al., 2015; RYU et al., 2014; SUN et al., 2013; WANG et al., 2013; HIJOSA-VALSERO et al., 2009; MOLDOVAN, CHIRA E ALDER, 2008).

1.2. Biomonitoramento

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Atualmente muitos pesquisadores investigam os grupos dos PPCPs buscando identificar o maior número de substâncias presentes na água ou no esgoto. Peixes têm sido usados nos estudos que se destinam a detectar o impacto da presença destas substâncias, ainda que em concentrações muito reduzidas. Observou-se, na maioria dos estudos, o decréscimo sobre a fecundidade destes animais expostos às concentrações de ng/L a µg/L das substâncias isoladas ou em mistura (OVERTURF et al., 2015). A tabela 2 mostra as espécies de peixes mais empregadas como indicadores.

Tabela 2. Peixes utilizados nos estudos de impacto sobre a fecundidade na presença de PPCPs.

Peixes	Referências
<i>D. rerio</i>	Brion et al.(2004); Van den Bem et al. (2003); Maack e Segner (2004); Nash et al. (2004); Fenske et al. (2005); Lin e Janz (2006); Schäfers et al. (2007); Coe et al. (2008); Xu et al. (2008); Reyhanian et al. (2011); Söffker et al. (2012); Blüthgen et al. (2013); Han et al. (2014); Ji et al. (2013); Morthorst et al. (2013); Lister e Van Der Kraak (2008); Galus et al. (2013) e Carlsson et al. (2006).
<i>O. latipes</i>	Nimrod e Benson (1998); Shioda e Wakabayashi (2000); Kang et al. (2002); Seki et al. (2005); Jukosky et al. (2008); Nakamura et al. (2015); Parrot e Blunt (2005); Foran et al. (2002); Balch et al. (2004); Tilton et al. (2005); Hashimoto et al. (2009); Miller et al. (2012); Paulos et al. (2010); Zhang et al. (2008); Sun et al. (2007); LaLone et al. (2012); Flippin et al. (2007); Huggett et al. (2002); Ishibashi et al. (2004); Coronado et al. (2008) e Kim et al. (2014).
<i>P. promelas</i>	Dammann et al., (2011); Länge et al. (2001); Pawlowski et al. (2004); DeQuattro et al. (2012); Zeilinger et al. (2009); Runnals (2013); Ankley et al. (2003); Williams et al. (2007); Ankley et al. (2007); Ankley et al. (2002); LaLone et al. (2012); Margiotta-Casaluci et al. (2013); Villeneuve et al. (2008); Weinberger e Klaper (2014); Giltrow et al. (2009); Huggett et al. (2002); Winter et al. (2008); Skolness et al. (2012); Niemuth et al. (2015) e Kunz et al. (2006).
<i>G. holbrooki</i>	Doyle e Lim (2005).
<i>C. variegatus</i>	Cripe et al. (2009); Zillioux et al.(2001); Cripe et al. (2010).
<i>O. javanicus</i>	Imai et al. (2005); Imai et al. (2007).
<i>P. minutus</i>	Robinson et al. (2007).
<i>P. reticulata</i>	Kristensen et al. (2007).
<i>G. aculeback</i>	Maunder et al. (2007).
<i>F. heterclitus</i>	Peters et al. (2007).

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.*G. rarus*

Zha et al. (2008).

*Melanotaenia
fluviatilis*

van Dam et al. (1999).

Fonte: Overturf et al. (2015)

Para verificar a presença de 118 compostos, Solla et al. (2015) realizou estudo visando quantificar a capacidade de bioacumulação desses compostos em mexilhões (*Lasmigona costata*) foi verificado a presença de 43 PPCPs nas amostras de água e nos tecidos dos bivalves. Entre as substâncias, destacam-se os estimulantes, agentes de contraste, anti-inflamatórios, antibactericidas, antibióticos, antidepressivos, anti-histamínicos, progesterona e até drogas ilícitas como a cocaína e a anfetamina.

Os compostos orgânicos emergentes podem apresentar diversos efeitos nos organismos, o que mostra o potencial risco de impacto ambiental causados pelo despejo na rede de esgoto ou o tratamento ineficiente dessas substâncias (Tabela 3).

Tabela 3 Efeitos nos seres vivos analisados após a exposição dos agentes contaminantes.

Referência	Organismo bioindicador	Efeitos
Solla et al. (2015)	<i>Lasmigona costata</i>	Bioacumulação nos tecidos
Overturf et al. (2015)	<i>Principais peixes (D. rerio, O. latipes e P.promelas)</i>	Decréscimo na fecundidade, alteração na sexualidade
Anderson et al. (2015)	<i>Jordanella floridae</i>	Aumento das gônadas femininas e redução da prole saudável
Dai et al. (2016)	<i>Daphnia</i> e alga	Apresentam um médio risco ecológico
Fernández, Carbonell e Babín (2012)	Linhagem celular das gônadas da truta arco íris (RTG-2)	Estresse oxidativo e senescência celular

Fonte: As autoras

Com o biomonitoramento, determina-se a eficiência das metodologias destinadas a reduzir o impacto ambiental destes compostos, nos organismos-teste analisados.

5. Considerações finais

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

Os PPCPs são compostos que podem causar alterações nos animais, como a redução na reprodução de peixes e mudança de sexo, bioacumulação em tecidos dos mexilhões, alterações genéticas em células de peixes, toxicidade em algas e daphnia, demonstrando ser um potencial risco para o ecossistema aquático. Dessa maneira, essas substâncias causam efeitos negativos nos seres vivos estudados, o que impacta o ecossistema.

Os estudos mostram que existem diversos meios de tratar o efluente contendo PPCP, sendo que para alguns processos o tratamento é ineficiente. Estudos adicionais para identificar outros compostos e meios para a sua remoção são necessários. Pesquisas sobre o impacto no ambiente devido aos agentes, bem como a determinação da menor concentração capaz de causar efeito observável no ambiente aquático, do inglês *Lowest Observed Effect Level* (LOEL).

Referências

Anderson JC, Beyger L, Guchardi J, Holdway D. **Chronic effects of hydroxypropyl- β -cyclodextrin on reproduction in the American flagfish (*Jordanella floridae*) over one complete life cycle**, Environ Toxicol Chem. v.35, n.6, p.1358-63, 2016.

Chen H, Li X, Zhu S. **Occurrence and distribution of selected pharmaceuticals and personal care products in aquatic environments: a comparative study of regions in China with different urbanization levels**, Environ Sci Pollut Res Int. v.19, n.6, p.2381-2389, 2012.

DAI G., WANG B., FU C., DONG R., HUANG J., DENG S., WANG Y., YU G. **Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in urban and suburban rivers of Beijing, China: occurrence, source apportionment and potential ecological risk**, Environ Sci Process Impacts. v.18, n.4, p.445-55, 2016.

DE SOLLA SR, GILROY ÈA, KLINCK JS, KING LE, MCINNIS R, STRUGER J, BACKUS SM, GILLIS PL. **Bioaccumulation of pharmaceuticals and personal care products in the unionid mussel *Lasmigona costata* in a river receiving wastewater effluent**, Chemosphere. v.146, p.486-96, 2016.

FAIRBAIRN DJ, KARPUZCU ME, ARNOLD WA, BARBER BL, KAUFENBERG EF, KOSKINEN WC, NOVAK PJ, RICE PJ, SWACKHAMER DL. **Sources and transport of contaminants of emerging concern: A two-year study of occurrence and spatiotemporal variation in a mixed land use watershed**, Sci Total Environ. v. 551-552, p.605-613, 2016.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

FERNÁNDEZ C, CARBONELL G, BABÍN M. **Effects of individual and a mixture of pharmaceuticals and personal-care products on cytotoxicity, EROD activity and ROS production in a rainbow trout gonadal cell line (RTG-2)**, J Appl Toxicol. v. 33(11), p.1203-1212, 2013.

GAO J, O'BRIEN J, DU P, LI X, ORT C, MUELLER JF, THAI PK. **Measuring selected PPCPs in wastewater to estimate the population in different cities in China.** Measuring selected PPCPs in wastewater to estimate the population in different cities in China, Sci Total Environ. v. 568, p.164-170, 2016.

HIJOSA-VALSERO M, MATAMOROS V, MARTÍN-VILLACORTA J, BÉCARES E, BAYONA JM. **Assessment of full-scale natural systems for the removal of PPCPs from wastewater in small communities**, Water Res. v.44(5), p.1429-1439, 2010.

Holling CS, Bailey JL, Vanden Heuvel B, Kinney CA. **Uptake of human pharmaceuticals and personal care products by cabbage (*Brassica campestris*) from fortified and biosolids-amended soils**, J Environ Monit. v.14, n.11, p.3029-3036, 2012.

LISHMAN L, SMYTH SA, SARAFIN K, KLEYWEGT S, TOITO J, PEART T, LEE B, SERVOS M, BELAND M, SETO P. **Occurrence and reductions of pharmaceuticals and personal care products and estrogens by municipal wastewater treatment plants in Ontario, Canada**, Sci Total Environ. v. 367(2-3), p.544-558, 2006.

LOGANATHAN B, PHILLIPS M, MOWERY H, JONES-LEPP TL. **Contamination profiles and mass loadings of macrolide antibiotics and illicit drugs from a small urban wastewater treatment plant**, Chemosphere. v. 75(1), p. 70-77, 2009.

LUO Y, GUO W, NGO HH, NGHIEM LD, HAI FI, ZHANG J, LIANG S, WANG XC. **A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment**, Sci Total Environ. v.473-474, p.619-641, 2014.

MATAMOROS V, GARCÍA J, BAYONA JM. **Organic micropollutant removal in a full-scale surface flow constructed wetland fed with secondary effluent**, Water Res. v. 42(3), p.653-660, 2008.

MOLDOVAN Z, CHIRA R, ALDER AC. **Environmental exposure of pharmaceuticals and musk fragrances in the Somes River before and after upgrading the municipal wastewater treatment plant Cluj-Napoca, Romania**, Environ Sci Pollut Res Int. v. 16 Suppl 1, p.46-54, 2009.

OLIVEIRA TS, MURPHY M, MENDOLA N, WONG V, CARLSON D, WARING L. **Characterization of Pharmaceuticals and Personal Care products in hospital effluent and waste water influent/effluent by direct-injection LC-MS-MS**, Sci Total Environ. v.518-519, p.459-478, 2015.

Tendências, Expectativas e Possibilidades no Cenário Contemporâneo em Educação Profissional e Sistemas Produtivos.

OVERTURF MD, ANDERSON JC, PANDELIDES Z, BEYGER L, HOLDWAY DA. **Pharmaceuticals and personal care products: A critical review of the impacts on fish reproduction**, Crit Rev Toxicol. V.45(6), p.469-491, 2015.

RYU J, OH J, SNYDER SA, YOON Y. **Determination of micropollutants in combined sewer overflows and their removal in a wastewater treatment plant (Seoul, South Korea)**, Environ Monit Assess. v.186(5), p.3239-3251, 2014.

SPONGBERG AL, WITTER JD. **Pharmaceutical compounds in the wastewater process stream in Northwest Ohio**, Sci Total Environ. v. 397(1-3), p.148-157, 2008.

Sun Q, Lv M, Hu A, Yang X, Yu CP. **Seasonal variation in the occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products in a wastewater treatment plant in Xiamen, China**, J Hazard Mater. v.277, p.69-75, 2014.

Sun Q, Li Y, Li M, Ashfaq M, Lv M, Wang H, Hu A, Yu CP. **PPCPs in Jiulong River estuary (China): Spatiotemporal distributions, fate, and their use as chemical markers of wastewater**, Chemosphere. v.150, p.596-604, 2016.

Wang B, Dai G, Deng S, Huang J, Wang Y, Yu G. **Linking the environmental loads to the fate of PPCPs in Beijing: Considering both the treated and untreated wastewater sources**, Environ Pollut. v.202, p.153-159, 2015.

WANG D, SUI Q, LU SG, ZHAO WT, QIU ZF, MIAO ZW, YU G. **Occurrence and removal of six pharmaceuticals and personal care products in a wastewater treatment plant employing anaerobic/anoxic/aerobic and UV processes in Shanghai, China**, Environ Sci Pollut Res Int. v.21(6), p.4276-4285, 2014.

Zhou NA, Lutovsky AC, Andaker GL, Gough HL, Ferguson JF. **Cultivation and characterization of bacterial isolates capable of degrading pharmaceutical and personal care products for improved removal in activated sludge wastewater treatment**, Biodegradation. v.24, n.6, p.813-827, 2013.