

## **VII-039 - AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE FÁRMACOS EM BIOSSÓLIDO COMPOSTADO PROVENIENTE DE ETE E SUAS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE PÚBLICA**

**Suzete Maria Lenzi Caminada<sup>(1)</sup>**

Farmacêutica pela Universidade de São Francisco, Mestre em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo pela UNICAMP, doutoranda pela Faculdade de Saúde Pública da USP

**Wanderley da Silva Paganini**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Mestre e Doutor em Saúde Pública PELA Faculdade de Saúde Pública da USP. Livre Docente em Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Professor Associado do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP e Superintendente de Gestão Ambiental da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

**Miriam Moreira Bocchiglieri**

Engenheira Civil. Mestre e Doutora em Ciências/Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Engenheira da Superintendência de Gestão Ambiental da SABESP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Antártica, 720 – casa 109, Jaguariuna- SP, 13.918-000 - e-mail: [slcaminada@gmail.com](mailto:slcaminada@gmail.com)

### **RESUMO**

Considerando o aumento dos conhecimentos na área da química ambiental e a atuação do comitê científico de toxicologia, ecotoxicologia e ambiente identificou-se a necessidade da obtenção de dados sobre os efeitos dos fármacos no ambiente. A literatura científica comenta que a presença de fármacos no ambiente é, geralmente, pequena quando comparada a outros produtos químicos. No entanto, a alta persistência de vários destes compostos e sua contínua reposição aumentam o risco de exposição crônica para os organismos aquáticos, como também para os humanos. Considerando a crescente busca de alternativas para a utilização benéfica do lodo gerado nas estações de tratamento de esgotos, principalmente o uso agrícola, o presente trabalho busca avaliar a presença de fármacos em bioossólido compostado proveniente de estações de tratamento de esgotos. A partir dos resultados preliminares obtidos, reconhece-se que um procedimento padrão para a avaliação do risco ambiental dos fármacos necessita ser desenvolvido, ou mesmo a implantação de sistemas de tratamento complementares, para a remoção ou redução destes compostos do ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fármacos, Bioossólidos, Toxicidade, Bioacumulação

### **INTRODUÇÃO**

Regiões metropolitanas e cidades de porte médio convivem com um problema ambiental bastante preocupante, relativo à destinação ambientalmente adequada dos lodos produzidos em suas Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs. Além Sobrinho (2002), destaca que a solução para o problema do lodo gerado é tão ou mais complexa do que o tratamento do esgoto propriamente dito e em algumas ETEs chega a representar mais de 50% do custo do tratamento total, quando incluída a disposição final do lodo.

A utilização agrícola é uma das alternativas possíveis para a destinação final do lodo, entretanto, conforme a legislação ambiental vigente, essa utilização só é permitida para os lodos Classe A, que apresenta requisitos de qualidade mais elevados.

O conhecimento prévio do processo de tratamento utilizado, em todas as suas etapas, incluindo o desaguamento e o processo de estabilização do lodo, e ainda, a quantificação e a caracterização física, química e biológica do lodo produzido, são imprescindíveis para estabelecer a forma adequada de destinação final. No que diz respeito à qualidade dos lodos produzidos, outro aspecto ainda pouco estudado, se refere à identificação de poluentes emergentes, substâncias presentes no ambiente e que usualmente não são monitoradas, especialmente pela ausência de regulamentação legal, contudo, apresentam risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente.

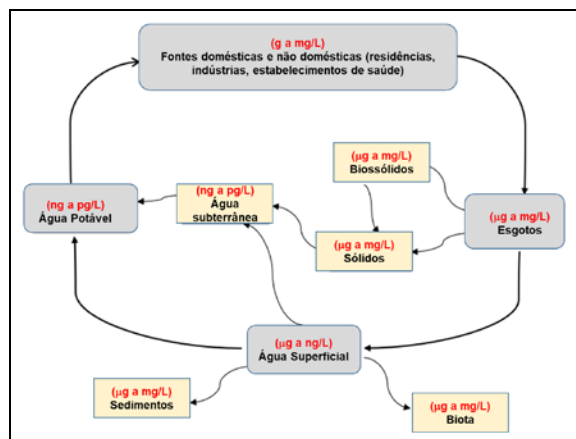
Dentre os contaminantes emergentes, existem alguns grupos específicos que merecem atenção por apresentarem potencial de interação com os organismos, e que mesmo em baixíssimas concentrações podem provocar efeitos nos seres vivos. Figuram nestes segmentos, os fármacos, defensivos agrícolas, hormônios e produtos de higiene pessoal.

De acordo com VOULVOULIS et al (2016) alguns fármacos podem ser removidos das águas residuais por adsorção em sólidos, podendo entrar no ambiente aquático, em particular nas águas subterrâneas, através da aplicação de lamas à terra, aterro ou erosão do solo. Devido à complexidade das matrizes ambientais e à variabilidade entre os trabalhos, a remoção destes produtos farmacêuticos é relatada como muito variável e pode depender de vários fatores.

Até recentemente, muitas revisões sobre o tema da poluição ambiental por fármacos observaram que não havia dados quantitativos disponíveis sobre as concentrações de produtos farmacêuticos em lodo ou solo, fato esse surpreendente, considerando que esta é uma rota potencial para substâncias lipofílicas para o ambiente terrestre. No entanto, isso ocorre devido a dificuldade na extração e análise de poluentes a partir de amostras de lodo numa base quantitativa.

Dados obtidos por CAMINADA, 2009, demonstram a tendência de sorção ao lodo da fluoxetina, considerando avaliação das propriedades físico-químicas pelo modelo QSAR em comparação com ensaio de biodegradação, realizado em escala de bancada. Neste mesmo trabalho, foi avaliada a toxicidade do referido composto.

A Figura 1 traduz uma simples representação do comportamento e faixa de concentração dos produtos farmacêuticos em diferentes compartimentos ambientais, sendo importante ressaltar os dados referentes à sólidos, biossólidos e sedimentos, demonstrando concentrações elevadas quando comparado aos demais compartimentos.



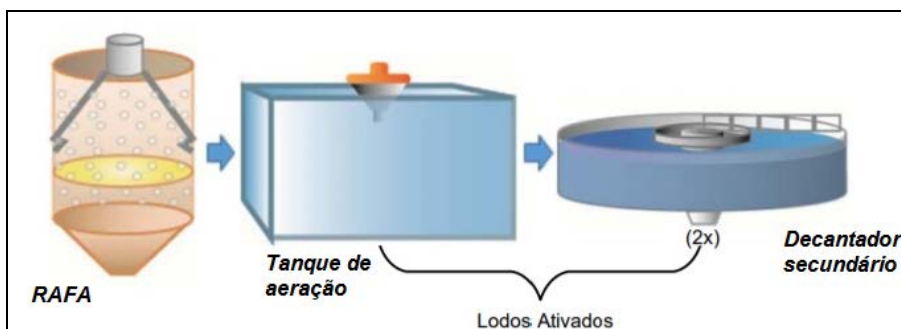
**Figura 1. Comportamento e faixa de concentração dos produtos farmacêuticos em diferentes compartimentos ambientais. FONTE: Adaptado de Voulvoulis et al, 2016**

## OBJETIVO

Avaliar o comportamento dos fármacos em lodo proveniente de estação de tratamento de esgotos sanitários submetido ao processo de compostagem.

## METODOLOGIA

Este trabalho é parte integrante de uma tese doutorado em andamento. A pesquisa tem previsão para ser concluída em aproximadamente 18 meses, sendo desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa corresponde ao levantamento de dados secundários, que são a base desse artigo, e a segunda etapa compreende as avaliações em escala real numa ETE, localizada no estado de São Paulo, que adota o tratamento em nível secundário, composto por tratamento preliminar, RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) seguido de tanque de aeração e decantação secundária, conforme esquema apresentado na Figura 2.



**Figura 2. Esquema da fase líquida da ETE. Fonte: Adaptado de ANA, 2017**

O lodo gerado na estação é desaguado por processo mecânico de centrifugação até atingir teor de sólidos entre 20% e 25%. A produção diária de lodo é de aproximadamente 15 m<sup>3</sup>/dia. A estabilização é feita por processo de compostagem, em duas leiras com 87 m de comprimento (Figura 3), tendo como resultado um produto com características de condicionador de solo à base de lodo de esgoto, devidamente estabilizado, com eliminação de patógenos dentro de um pleno atendimento às exigências do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e da Resolução CONAMA 375/06, de tal modo que atualmente a operadora está solicitando o registro de produto junto ao MAPA (SILVA *et al.*, 2017).



**Figura 3. Vista superior do Sistema de Compostagem. Fonte: SILVA, 2017**

Os fármacos analisados foram estabelecidos levando-se em consideração os compostos mais consumidos no Brasil no período de 2016/2017, e que apresentam propriedades e características para bioacumulação e toxicidade no ambiente.

### ***Descrição das Etapas da pesquisa:***

**Etapas 01** – Levantamento de dados secundários e revisão bibliográfica sobre as propriedades físico-químicas dos fármacos selecionados, avaliação de seu comportamento em estações de tratamento de esgotos sanitários, considerando a remoção pela fase sólida, a tendência de ser persistente no lodo gerado nas ETEs e o potencial ecotoxicológico quando disposto no solo.

**Etapas 02** – Avaliação da biodegradação dos fármacos presentes no lodo de uma estação de tratamento de esgotos sanitários, compreendendo:

- a) Coleta e caracterização do lodo bruto e compostado;
- b) Acompanhamento das propriedades físico-químicas e biológicas do lodo compostado;
- c) Técnicas analíticas aplicadas à análise de fármacos em matrizes ambientais.

## **RESULTADOS PRELIMINARES / ESPERADOS - ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### ***A presença de fármacos no ambiente***

Os principais grupos de substâncias, apontadas em pesquisas recentes como agentes em potenciais de contaminação dos ecossistemas, são listados na Tabela 1.

**Tabela 1. Poluentes emergentes estudados em matrizes ambientais**

<i>Grupo</i>	<i>Matriz Ambiental</i>
<b>Pesticidas</b>	Água superficial; Água de abastecimento; Água subterrânea; e solos
<b>Fármacos</b>	Água superficial; Água de abastecimento; Estação de tratamento de efluentes; biossólidos; solos; e sedimentos
<b>Produtos de higiene pessoal</b>	Água superficial; Água de abastecimento; e efluentes
<b>Hormônios</b>	Água superficial; e Estação de tratamento de efluentes

Fonte: Adaptado de Costa Junior, I. L. *et al.*, 2014

Os fármacos são excretados através das fezes e da urina, na forma de mistura, constituída pelo composto inalterado e seus metabólitos, sendo, predominantemente, introduzidas no ambiente através do efluente proveniente de esgoto sanitário, cenário agravado pelo fato que, na prática, a maioria das pessoas dispõe os fármacos não utilizados nos sistemas domiciliares de esgoto (JONES *et al.* (2001).

Dados mostram que a existência de compostos farmacêuticos no ambiente é geralmente pequena, quando comparada a outros produtos químicos. Contudo, a alta persistência e, em alguns casos, a baixa concentração dos fármacos presentes no ambiente é compensada pela contínua reposição destes compostos, que mantém o risco de exposição crônica para os organismos aquáticos, como também para os humanos (TERNES, 2001).

Considerando como contaminantes emergentes os resíduos medicamentosos, deve-se considerar que os fármacos apresentam grande variedade de grupos com os mais variados efeitos, como: antipiréticos, analgésicos, reguladores lipídicos, antibióticos, antidepressivos, agentes quimioterápicos, drogas contraceptivas, dentre outros. Atualmente, os hormônios e os antibióticos, cujas pesquisas vêm despontando de modo mais abrangente dentro da literatura de contaminantes emergentes, já dispõem de dados mais conclusivos, no entanto existem muitos outros grupos de substâncias que necessitam de investigação (Kümmerer, 2001; Bila *et al.*, 2003). Tais fatos têm despertado o interesse da comunidade científica, que vem buscando detectar e monitorar a presença destes novos poluentes em diversas matrizes.

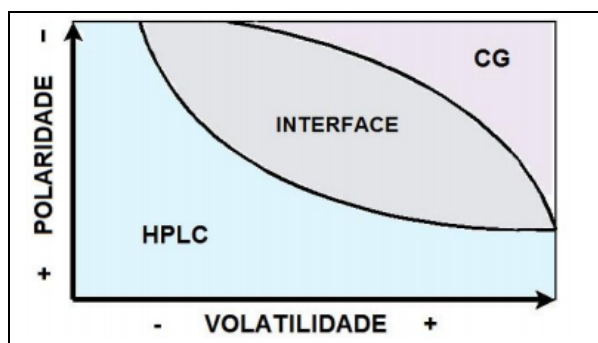
### ***Metodologias analíticas para identificar e quantificar fármacos em matrizes ambientais***

As baixas concentrações ambientais de fármacos associadas a matrizes complexas exigem investimentos sobre o trabalho analítico, para o estudo eficiente desses compostos (Hao *et al.*, 2007; Jorgensen and Halling, 2000). Atualmente, a base das metodologias analíticas para determinar a presença de compostos farmacêuticos e seus respectivos metabólitos em amostras ambientais tem sido desenvolvida para as águas superficiais, efluentes, sedimentos e lodos de estações de tratamento, dando ênfase aos processos de extração com maior adaptação às propriedades dos analitos e robustez operacional. (Lajeunesse *et al.*, 2008; Schultzt and Furlong, 2008)

As técnicas cromatográficas de separação possuem um vasto campo de aplicações dentro da química analítica e da ciência ambiental, sendo utilizadas como uma ferramenta eficiente e precisa, para os mais variados estudos envolvendo os poluentes emergentes.

A seleção de qual técnica cromatográfica melhor se adapta é feita com base nas propriedades do poluente de interesse, observando volatilidade e semi-volatilidade, polaridade, hidrossolubilidade e lipossolubilidade, conforme a Figura 4.

Estudos apontam que 30% de todos os fármacos desenvolvidos são lipofílicos (hidrossolubilidade < 10%), que sedimentam em ambientes aquáticos ou são transferidos para fase biótica. (Sorensen *et al.*, 1998).

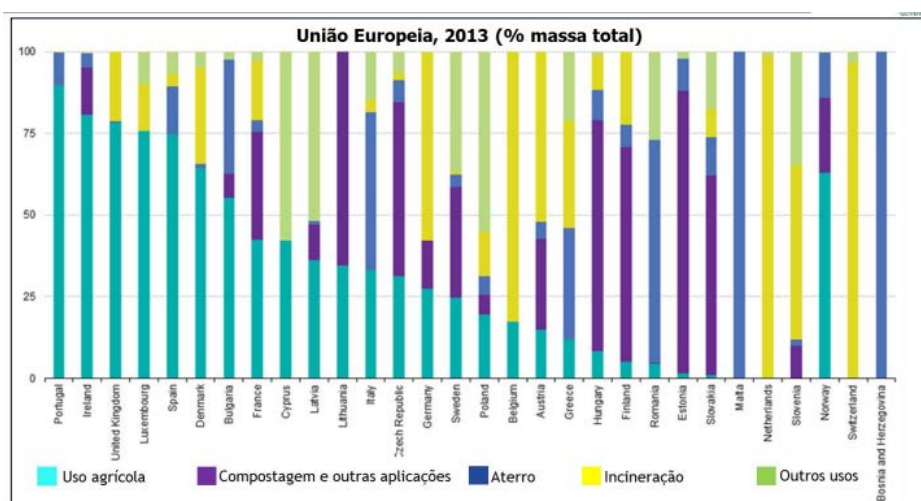


**Figura 4.** Aplicação da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) e da Cromatografia Gasosa (CG) para determinação de poluentes orgânicos emergentes. Fonte: Costa Junior, I. L et al., 2014

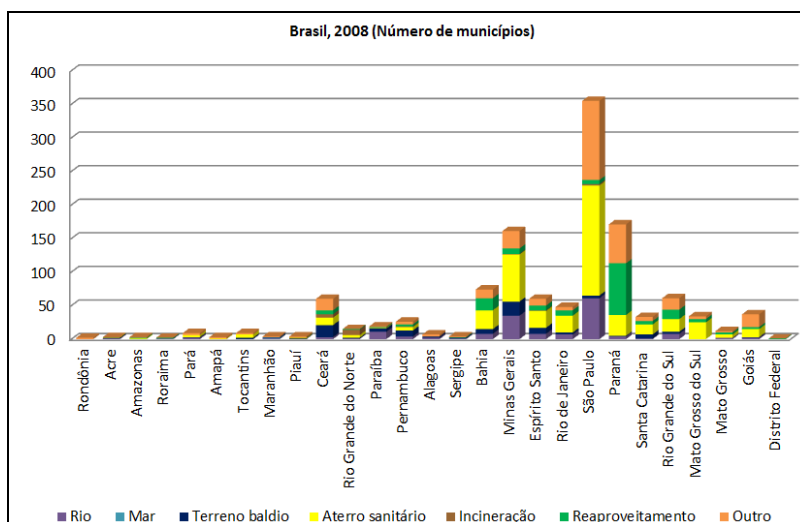
As técnicas baseadas na cromatografia líquida de alta resolução são mais adequadas para uma variedade de compostos orgânicos que apresentem polaridade mais alta e volatilidade mais baixa, ou ainda, com elevada instabilidade térmica (Broecker et al, 2012; Wang et al., 2011)

### *Utilização Agrícola do lodo*

A Figura 5 aponta os principais destinos para o lodo, observados na União Europeia, e a Figura 6, apresenta a destinação do lodo gerado em estações de tratamento de esgotos no Brasil.



**Figura 5.** Destinação do lodo de ETE nos países da Comunidade Europeia. Fonte: Bittencourt, S., 2016



**Figura 6. Destinação do lodo de ETE no Brasil.**

**Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008.**

Observando a Figura 5, verifica-se que países como Portugal, Irlanda, Reino Unido, Luxemburgo, Espanha, Dinamarca e Bulgária, destinam mais de 75% do lodo gerado para usos agrícolas. A Figura 6 apresenta o cenário observado no Brasil, na qual pode ser destacado o estado Paraná, onde a maior parte dos municípios faz reaproveitamento do lodo e destinação final na modalidade “outros”. O Governo do Estado do Paraná possui um programa desenvolvido pela Sanepar, que destina lodo de esgoto tratado para ser utilizado como “adubo” nas produções agrícolas. Estima-se que nos últimos anos, 26 mil toneladas de lodo de esgoto higienizado foram destinadas às propriedades rurais do Paraná, sendo que atualmente, metade do lodo produzido no Paraná é utilizada como “adubo”, disponibilizado de forma gratuita para os agricultores (GOVERNO DO PARANÁ, 2017).

Bastos (2013), citando diversos autores, afirma que o uso agrícola de biossólidos é assunto polêmico, em especial, devido aos impactos potencialmente adversos à saúde humana, sendo que usualmente, em nome da segurança, são impostas normas rigorosas, elevados critérios de qualidade e restrições de uso. Salienta que essas normas carecem da necessária e adequada abordagem de avaliação de risco, ressaltando que no Brasil, faltam dados sobre o tema, e mais ainda, falta estabelecer um padrão de risco, pois ainda não há clareza quanto ao que constitui risco tolerável no contexto brasileiro.

A Resolução CONAMA nº 375 de 29 de agosto de 2006, define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários, e de acordo com esse documento, atualmente somente é permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A, que podem ser utilizados para quaisquer culturas, respeitadas as restrições previstas, sendo, portanto, de alta qualidade. Para os lodos Classe A serem produzidos, necessitam passar por processos específicos para redução de patógenos e da atratividade de vetores, sendo a compostagem confinada ou em leiras aeradas, um dos processos que possibilita alcançar as exigências de qualidade impostas. Essa Resolução tem sido bastante questionada pelos operadores dos sistemas de saneamento e pela comunidade técnica, havendo diversas iniciativas em andamento visando discutir uma proposta de revisão da referida resolução.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a crescente busca de alternativas para a utilização benéfica do lodo gerado nas estações de tratamento de esgotos, principalmente o uso agrícola, reconhece-se que um procedimento padrão para a avaliação do risco ambiental dos fármacos necessita ser desenvolvido, ou mesmo a implantação de sistemas de tratamento complementares, para a remoção ou redução destes compostos do ambiente.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, 2017 – Atlas Esgotos. *Despoluição de Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <[http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas\\_Esgoto/S%C3%A3o\\_Paulo/Sistema\\_Planejado/Botucatu.pdf](http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/S%C3%A3o_Paulo/Sistema_Planejado/Botucatu.pdf)>. Acesso em 05/jan.18
2. BILA, D. M.; DEZOTTI, M. *Pharmaceutical drugs in the environment*. Química Nova 2003, 26, 523.
3. BROECKER, S.; HERRE, S.; PRAGST, F. General unknown screening in hair by liquid chromatography–hybrid quadrupole time-of-flight mass spectrometry (LC–QTOF-MS). *Forensic Science International* 2012, 218, 68.
4. CAMINADA, S.M.L., *Estudo da biodegradação do hidrocloreto de fluoxetina, empregando ensaios de respirometria e toxicidade*. 2009. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Saneamento e Ambiente, Universidade de Campinas, Campinas, 2009.
5. COSTA JUNIOR, I. L.;\* PLETSCHE, A. L.; TORRES, Y. R. *Ocorrência de fármacos antidepressivos no meio ambiente – revisão*. Rev. Virtual Quim., 15 setembro 2014, 6 (5), 1408-1431.
6. GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. *Agricultores usam lodo de esgoto como adubo e corretor do solo*. Agência de Notícias, 05 julho 2017. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=94483&tit=Agricultores-usam-lodo-de-esgotocomo-adubo-e-corretor-do-solo>>. Acesso em 06 outubro 2018.
7. HAO, C.; CLEMENT, R.; YANG, P. Liquid chromatography. Tandem mass spectrometry of bioactive pharmaceutical compounds in the aquatic environment — a decade's activities. In: *Analytical And Bioanalytical Chemistry* 2007, 387, 1247.
8. JONES O.A.H.; VOULVOULIS N., LESTER J.N. Human pharmaceuticals in the aquatic environment—a review. *Environ. Technol.* 22, 1383–1394; 2001.
9. JORGENSEN, S.E.; HALLING-SORENSEN, B. *Drugs in the environment*. Chemosphere 2000, 40, 691.
10. KÜMMERER, K. *Drugs in the environment: Emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources – a review*. Chemosphere 2001, 45, 957. [
11. LAJEUNESSE, A.; GAGNON, C.; SAUVE, S. *Determination of basic antidepressants and their n-desmethyl metabolites in raw sewage and wastewater using solid-phase extraction and liquid chromatography–Tandem mass spectrometry*. Analytical Chemistry 2008, 80, 5325.
12. SCHULTZ, M. M.; FURLONG, E. T. Trace analysis of antidepressant pharmaceuticals and their select degradates in aquatic matrices by LC/ESI/MS/MS. *Analytical Chemistry* 2008, 80, 1756.
13. SILVA, A.L. *As experiências desenvolvidas pelos prestadores de serviços no uso benéfico de lodo de ETE no solo*. In 29º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Apresentação em Mesa Redonda. Disponível em: <<http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp/documentos/2017/10h00-15-ana-silva-05-10-aud5.output.pdfSABESP>>, 2017.
14. SILVA, A.L.; LOURENÇO, C.L.; VILLAS BOAS, R.L.; TÁPIA, M.; MATEUS, C. M. D'A. *Nova tecnologia com função mista para secagem e compostagem de lodo de tratamento de esgoto e atendimento aos parâmetros legais de disposição agrícola*. In: 29º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.
15. SORENSEN, B. H.; NIELSEN, S. N.; LANZKY, P. F.; INGERSLEV, F.; LUTZHOFT, H. C. H.; JORGENSEN, S. E. *Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment- a review*. Chemosphere 1998, 36, 357.
16. TERNES T. *Occurrence of pharmaceuticals in surface waters* (Vorkommen von Pharmaka in Gewässern). *Wasser und Boden*; 53(4):9–14; 2001.
17. VOULVOULIS, N.; BARCELÓ D.; VERLICCHI, P. Pharmaceutical residues in sewage, treatment works and their fate in the receiving environment In: R E HESTER, R M HARRISON (eds). *Pharmaceuticals in the environment*. Royal Society of Chemistry: 2016.v. 41, p. 120 - 179.
18. WANG, C. A.; SHI, H. L.; ADAMS, C. D.; GAMAGEDARA, S.; STAYTON, I.; TIMMONS, T.; MA, Y. F. Reactions of tetracycline antibiotics with chlorine dioxide and free chlorine. *Water Research* 2011, 45, 1818.